Aún no es tarde

Andreu Escrivà

Claves para entender y frenar el cambio climático

sin fronteras | CÀTEDRA DE DIVULGACIÓ DE LA CIÈNCIA

Aún no es tarde

Claves para entender
y frenar el cambio climático

Andreu Escrivà

PREMIO EUROPEO DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA
ESTUDI GENERAL 2016

Prólogo
de Eugeni Alemany

UCC+i
PUV Publicacions
Vniversitat de València
Càtedra de Divulgació de la Ciència

■ Director de la colección: Fernando Sapiña

Coordinación: Soledat Rubio

Esta publicación no puede ser reproducida, ni total ni parcialmente, ni registrada en, o transmitida por, un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, ya sea fotomecánico, fotoquímico, electrónico, por fotocopia o por cualquier otro, sin el permiso previo de la editorial. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

© Del texto: Andreu Escrivà, 2018
© De la traducción del original en catalán: Soledat Rubio Candel, 2018
© De la presente edición:
Unitat de Cultura Científica
i de la Innovació de la Universitat de València
www.valencia.edu/cdciencia
cdciencia@uv.es

Publicacions de la Universitat de València, 2018
www.uv.es/publicacions
publicacions@uv.es

Producción editorial: Maite Simón
Interior
Diseño: Inmaculada Mesa
Maquetación: Celso Hernández de la Figuera
Corrección: Communico-Letras y Píxeles S.L.
Cubierta
Diseño original: Enric Solbes
Grafismo: Celso Hernández de la Figuera

ISBN: 978-84-9134-334-9

Para María, quien me ha enseñado a derrotar los malos augurios, también a la hora de enfrentarme al cambio climático, y a buscar siempre el destello de optimismo que ha de iluminarlo todo.

El medio ambiente será, dicen, el tema dominante del siglo XXI. Y, sin embargo, no estamos preparados ni institucionalmente ni en nuestras ideas, ni quién sabe si en los propios mecanismos intelectuales de los que estamos dotados a nivel de especie, para afrontar los impresionantes retos globales que se nos presentan.

Jaume Terrades, 2010
Ecologia viscuda

El cambio climático es el principal reto al que nunca se ha encarado la sociedad humana. Pero es un reto que debemos confrontar, ya que la alternativa es un futuro desagradable y potencialmente no vivible. Mientras que está bastante claro que la inacción tendrá consecuencias desastrosas, es así mismo cierto que un esfuerzo coordinado de la humanidad para actuar en interés propio tiene un gran potencial de resultar un éxito.

Michael E. Mann y Lee R. Kump (2015)
Dire Predictions (2.ª ed.)

ÍNDICE

PRÓLOGO, de Eugeni Alemany

INTRODUCCIÓN

UNA NOCHE SOLITARIA EN MEDIO DE LA ANTÁRTIDA
ESTE LIBRO SIRVE PARA DESPERTAR A STEFAN

1. EL CAMINO HACIA EL PALO DE *HOCKEY*

EL ECO DE TEOFRASTO
GRIETAS EN EL AIRE
EL VOLCÁN QUE LUCHABA CONTRA EL GIGANTE DE HIELO
LA SOMBRILLA DE HUMO Y CENIZA
1988, EL AÑO QUE CAMBIÓ EL MUNDO SIN QUE NADIE SE DIERA CUENTA

2. DE TAHÚRES Y TERMÓMETROS

LA ARMADURA INVISIBLE
El efecto invernadero.
El calentamiento global.
El cambio climático antropogénico.
El cambio global
LECCIONES DE CLIMAS PASADOS
CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO: ¿ESPEJISMO O REALIDAD?
Una peligrosa victoria en el juego de la cuerda.
¿Por qué es distinto ahora?

3. Será un verano que durará mil años

Convivir con la incertidumbre
La serpiente que se muerde la cola.
El cambio climático desbocado y el punto de no retorno
Una conversación con la mujer del tiempo de 2066
El trasluz del futuro
¿Cuáles serán los impactos del cambio climático?
No es la salud del planeta, es la tuya.
«En mi país la lluvia no sabe llover».
Redibujando los mapas del mundo.
Avería en el motor.
Una peligrosa explosión de blanco en los océanos.
La sexta extinción.
La lucha para no perder el verde.
Un futuro difícil de cultivar.
La grieta climática.
Un escalofrío cósmico.

4. El reloj implacable

¿Por qué hemos fracasado hasta ahora?
Un cerebro que se nos ha quedado antiguo.
No hemos entendido el problema.
El agujero educativo.
Sesgos que nos ocultan la realidad.
No hemos sabido hablar del problema.
La confianza nos ha dejado ciegos.
Consenso, ¿qué consenso?
Cumbres climáticas: de Río de Janeiro a París
Un camino de piedras japonés.
¿Será suficiente París?
La bomba de relojería

5. Aún no es tarde: cómo parar el cambio

CLIMÁTICO

PROHIBIDOS LOS TRUCOS DE MAGIA

UNA HOJA DE RUTA PARA EL SIGLO XXI

UN NUEVO RELATO PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO

Del individuo al colectivo.

Construyendo nuevo liderazgo.

Enmarcando una fotografía de familia.

Una nueva narrativa.

Innovar en la comunicación.

Arte y clima.

Un tema más de conversación.

Derribar el muro.

UNA CIUDADANÍA MÁS ALLÁ DEL CONSUMIDOR RESPONSABLE

Recetas de cocina para un mundo descarbonizado.

¿Es una buena idea abandonar el papel?

Movernos hacia el futuro: el transporte que vendrá.

Más allá del consumidor, más allá del habitante.

JUSTICIA, ECONOMÍA Y EL RETORNO DEL PODER

¿Justicia climática?

Tasas, papeles y cómo dar significado al desarrollo sostenible.

PONGÁMONOS A DIETA (ENERGÉTICA)

Desacoplando el futuro.

Gracias y hasta nunca, combustibles fósiles.

Evitando el iceberg a bordo del Titanic.

EL ARMA OCULTA DEL PLANETA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO

De fuente a sumidero: el camino necesario de la restauración ambiental.

El suelo, un aliado a la sombra.

LA ILUSIÓN DE HACERNOS UN PLANETA A MEDIDA

Una sombrilla para la playa cósmica.

La aspiradora de carbono.

EDUCAR PARA UN FUTURO CAMBIANTE

Reescribir los libros de texto y educar para el futuro.

Y sí, también los adultos tenemos que ir a la escuela.

EPÍLOGO

NOTA SOBRE LAS FIGURAS, CITAS Y TRADUCCIONES

AGRADECIMIENTOS

BIBLIOGRAFÍA

LECTURAS ADICIONALES

ÍNDICE ANALÍTICO

PRÓLOGO

Imaginemos por un momento una de aquellas escenas teatralmente dramáticas de una peli muda de los años veinte. Con una locomotora, a toda velocidad, dirigiéndose hacia un puente de travesaños de madera sobre dos precipicios. Con unos pasajeros distraídos: la madre que canta una canción de cuna a su hijita, los jóvenes juguetones que le gastan una broma al revisor, el huraño hombre de negocios que lee las últimas noticias de la bolsa, la chica que toma té al fondo...

De repente, a pocos quilómetros de llegar al precipicio, aparecen unos enmascarados a caballo. Pretenden asaltar el tren y obligarlo a detenerse... ¡haciendo saltar el puente por los aires con dinamita! ¡¡¡Boom!!!

En eso, uno de los maquinistas lo ve. ¡Avisa al otro del peligro y acciona bruscamente la palanca de freno! Algunos pasajeros tropiezan. El hombre de negocios protesta al revisor. ¡El frenazo lo ha distraído de la lectura!

La locomotora, sin embargo, avanza con fuerza hacia el abismo. ¡Los dos maquinistas alertan a los de atrás! «¡Eh, desenganchad los vagones!», se desgañita un rótulo. Pero no los oyen. ¡Maldito cine mudo! Así que los dos maquinistas son los únicos testigos del destino fatal al que se dirigen.

Y ahora paremos la proyección. ¡Luces!

Bien, así −muy teatralizado, reconozco la deformación profesional− tiene que ser como más o menos se sienten los expertos en ciencias ambientales y cambio climático. Tienen los datos, tienen las pruebas, saben que nos dirigimos a pegarnos el trastazo del milenio... y no pueden hacer nada más que desgañitarse, como en el cine mudo.

Eso tiene que ser realmente frustrante. Querio decir que, a mí, personalmente, me pondría de muy mal genio. No sé

ya si el hecho de no poder hacer nada o de ver que no puedo hacer nada porque nadie me hace caso. Pero no los culpo, ¿eh? A los científicos no se lo han puesto nunca fácil. Esa sí que es una constante de la Humanidad. Hace siglos quemaron a Miquel Servet por decir que la sangre circulaba y Galileo se salvó por los pelos por decir que el Sol era el centro del Universo. Así que, Andreu Escrivà, ya puedes dar las gracias de que no te hayamos empalado en medio de la plaza por decir que la temperatura ha subido más de un grado desde finales del siglo xix, y que a este ritmo, en unas cuantas décadas, se tendrán que redibujar los mapas de nuestras ciudades y pueblos costeros.

El libro que tenéis en las manos es más que un libro. Es, para mí, un manual de supervivencia. Porque va más allá de la exposición de hechos: incluye cosas que aún estamos a tiempo de hacer. Podemos accionar la palanca de freno. O, incluso, cambiar de vía.

Aquí encontraréis algunas críticas hacia la sociedad, pero también autocrítica hacia el colectivo científico y ecologista. A mí, si me lo permitís, también me gustaría hacer una al gremio al que pertenezco, el de los medios de comunicación. Es indiscutible la nula implicación para recriminar a las autoridades la poca atención que dedican al medio ambiente más allá de hablar del tiempo. Y mira que, cuando se empecinan, son capaces de todo. Cuando quieren hacer subir un partido político, lo suben. Y cuando quieren desinflarlo, lo dejan en los huesos.

Los medios de comunicación son capaces de las cosas más indignas, pero también de las que más nos enriquecen y dignifican como sociedad. Según un estudio, el 88 % de la población española reconoce no tener ningún problema con los homosexuales. Estamos por encima de Canadá o Dinamarca. Mal me estaría decirlo, pero aunque en su momento se los criticara por frívolos, a principios de los 2000 hubo un estallido de programas llamados «de testimonios» donde muchos de los invitados eran homosexuales y hablaban de sus experiencias con naturalidad. Lo sé porque trabajé en uno de estos programas en la antigua televisión valenciana. Esos diez años −en todo

el Estado– de contenidos tan *gayfriendly* normalizaron la imagen de los gais. De hecho, personajes como Boris Izaguirre contribuyeron a darle glamur. En un país aún tan católico, la homofobia está mal vista. Y eso lo han conseguido, en gran parte, los medios de comunicación.

Es innegable que en los temas ambientales se esconden intereses económicos. Como también es innegable que si los periodistas individualmente quisieran, podrían contribuir a formar una sociedad menos consumista.

Y eso nos lleva a otro de los temas que Andreu también trata muy acertadamente. En esto del medio ambiente –como veréis en este libro– ha habido muy mala intención en hacer responsables a los ciudadanos de cosas de las que no somos responsables. Al menos, no directamente. «Ay, no cojas el coche, que se extinguirá una tribu del Amazonas». «Ay, si no tiras el envoltorio del paquete de pipas al contenedor correspondiente desaparecerá el oso polar». «Ay, ¿sabías que cada vez que subes a pie 30 pisos ayudas a salvar un árbol?». Mirad, no. Los colectivos medioambientales y los ecologistas, a veces, han centrado sus campañas en concienciar a los ciudadanos con ganchos más Disney que pragmáticos. Sinceramente, a mí, el oso polar, bien. Pero que haya mosquitos en pleno mes de noviembre –a mí siempre me pican– y que puedan trasmitir enfermedades tropicales en la ciudad donde vivo, quizá me produce más inquietud.

Esa no es la solución. La solución de que un fabricante de coches haya mentido en las emisiones de gases tóxicos de sus vehículos o las condiciones laborales en los países donde no se respetan los derechos humanos no depende de ti como individuo. Depende de los gobiernos a la hora de hacer cumplir la ley, sancionar debidamente cuando sea necesario o hacer leyes para evitar que haya abusos.

En este libro encontraréis esta y algunas otras reflexiones. Pero, sobre todo, esperanza. Aún no es tarde. Aún estamos a tiempo. Parece que sí hay cosas imposibles, pero no es cierto. Hace unos cien años era impensable que los niños no trabajasen en las minas de la Inglaterra victoriana y fuesen a la escuela. Hace unos cincuenta años,

era impensable que los negros votasen en los Estados Unidos. Hace unos veinticinco años era impensable que hubiera políticos abiertamente homosexuales. Más aún... ¡hace solo cinco años era inimaginable que Donald Trump presidiera los Estados Unidos de América!

Está claro que aún existe la explotación infantil. Está claro que las minorías raciales aún tienen problemas en todo el mundo. Que los gais son agredidos y vejados. Pero es indiscutible que esas actitudes, hoy en día, son consideradas delitos en la mayoría de los países avanzados −que es hacia donde tenemos que ir–. Hay que hacer lo mismo con el medio ambiente. Que entre medios, científicos y sociedad consigamos crear conciencia colectiva de lo que es correcto y lo que no. Podemos conseguir que la sociedad se acostumbre a defender y proteger el medio ambiente porque, más allá de otras cuestiones morales o hasta sentimentales, sencillamente es útil, nos beneficia.

Como útil también es que leáis este libro. Que lo compartáis, que habléis de estos temas en la calle, en el trabajo, con los amigos... Os puedo asegurar que el pequeño gesto de ser conscientes, de poner el debate sobre la mesa y no rehuirlo, contribuirá a salvar muchos más árboles y osos polares que una firma en una campaña digital o sentiros culpables por no reciclar.

¡Aún no es tarde!

Eugeni Alemany

INTRODUCCIÓN

UNA NOCHE SOLITARIA EN MEDIO DE LA ANTÁRTIDA

En enero de 1983, Shigeru Chubachi, un investigador japonés, se encontraba en la Antártida, en la base que su país tenía allí. A pesar de ser un experto en el manejo del instrumental científico para medir el ozono estratosférico –el que forma la conocida como capa de ozono en la atmósfera, entre los 15 y 40 kilómetros de altitud–, el aparato parecía funcionar mal: detectaba unos valores del gas extremadamente bajos. Después de volver a calibrarlo vio que las medidas no cambiaban, así que las anotó disciplinadamente. Los datos recogidos y procesados fueron presentados en un simposio en Grecia en 1984 (Chubachi, 1984), donde poca gente le hizo caso. No fue hasta unos meses después, con la publicación de un estudio en la revista *Nature* (Farman *et al.*, 1985) por parte de otros autores, cuando el *agujero* en la capa de ozono sobre la Antártida no comenzó a preocupar seriamente a la comunidad científica y, de rebote, a toda la sociedad.

Afortunadamente, y como es conocido, la historia acaba razonablemente bien: en 1987, y tan solo unos meses después del descubrimiento de la magnitud del problema, se firmó un acuerdo internacional, el Protocolo de Montreal, que regulaba la producción y comercio de las sustancias químicas responsables del agujero, los cfc (clorofluorocarbonos). Después de casi tres décadas, los primeros síntomas de recuperación duradera y sólida de la capa de ozono se han hecho evidentes (Solomon *et al.*, 2016) durante 2016, y podemos respirar un poco más aliviados.

La pregunta es: ¿por qué fue tan rápida la adopción de medidas drásticas (ya se estaban adoptando algunas más

relajadas desde finales de los años setenta), y por qué tuvieron éxito? Hay tres motivos clave:

1. Había un conocimiento previo de la materia. En 1974 Mario Molina y Frank S. Rowland ya demostraron que los CFC podrían ser catalizadores de la ruptura de la molécula de ozono (Molina y Rowland, 1974). Por eso, y junto a Paul Crutzen, recibieron el Premio Nobel de Química en 1995.

2. No hubo un movimiento de escépticos, ni tampoco ninguna campaña orquestada ante la eliminación de los cfc, más allá de las reticencias esperables de aquellas empresas que fabricaban los gases, que, no obstante, pudieron cambiar la producción a otras sustancias incluso más rentables (Maxwell y Briscoe, 1997). Además, el impacto era casi inmediato: si no llega a pararse la emisión de cfc, los humanos –y prácticamente todos los seres vivos– nos enfrentábamos a un planeta potencialmente inhabitable.

3. Podíamos señalar –simplificando, y como en una película de Disney– un único culpable, y por tanto simplemente eliminarlo de la ecuación. La solución no afectaba al consumidor, ni al modelo productivo de ninguna sociedad, ni a la geopolítica de ninguna región sensible. El camino estaba libre.

Hagamos una pausa. Es posible que pienses que he empezado por el ozono porque es la causa del calentamiento global, pero quizá te estés dando cuenta de que algo no cuadra. Si estamos solucionando el problema del agujero de la capa de ozono, ¿cómo es que el cambio climático, que es su consecuencia, empeora año tras año? Y la respuesta es tan sencilla como que no, no tienen nada que ver.

Si esto te rompe un poco los esquemas, no te avergüences: compartías la percepción del supuesto vínculo entre ambas problemáticas con cerca del 80 % de la población española (Meira *et al.*, 2013), un porcentaje que es similar al de otros países desarrollados. La preocupación por el medio ambiente durante el siglo XX pasó por una serie de

fases (higienismo, invierno nuclear, polución, destrucción de la capa de ozono o deforestación del Amazonas, entre otros) que han acabado mezclándose como si estuvieran en una coctelera, proyectán-dose desordenadamente sobre el cambio climático, el principal problema ambiental del siglo XXI. Pero tenemos que separar para poder comprender.

Si he iniciado estas páginas por el agujero de la capa de ozono es porque es una historia de éxito, en la que se emprenden las acciones correctas, debidamente informadas por la evidencia científica. Es un relato diametralmente opuesto al que vivimos ahora, con un calentamiento global que, si hemos de afrontar con valentía, será modificando todo aquello que nos rodea, todo aquello que somos, y donde el escenario político y económico es adverso, si no directamente hostil.

Por decirlo de otra manera, el agujero en la capa de ozono es como una alergia alimentaria: eliminando el alimento que la causa (los CFC) solucionamos el problema. ¡Fácil! El cambio climático, sin embargo, es como un sobrepeso debido a un estilo de vida que parecía hacernos las cosas más fáciles, pero nos estaba perjudicando. Al mismo tiempo que nos provoca una cardiopatía, afecta también a los huesos y nos hace más propensos a decenas de enfermedades. La receta, en este caso, es muy distinta: ni solo con ejercicio ni solo con dieta nos pondremos en forma, ni mucho menos seremos capaces con la única ayuda de la medicación. Y en cualquier caso, no podremos hacerlo tampoco tan rápidamente como quisiéramos, porque podría haber consecuencias negativas. Y no podemos hacer trampa: ¿computaríamos como una pérdida de peso saludable la amputación de una pierna? Pesaríamos menos, pero al mismo tiempo estaríamos aún peor.

Por eso, el acto más revolucionario, y el punto de inicio de cualquier activismo, es informarse y conocer a qué nos enfrentamos, para poder así trazar estrategias efectivas y evitar acciones equivocadas, como cortarse un brazo –¡y venderlo como una victoria!–.

Tomar conciencia de lo que supone el cambio climático es, esencialmente, poner en cuestión aquello que sabemos y

pensamos. Es hablar de transformaciones y de incertidumbre. Y de formularnos, ahora sí, las preguntas adecuadas.

Escribir un libro sobre cambio climático es todo un reto. Lo es por múltiples motivos, pero fundamentalmente por uno: implica, en definitiva, escribir de todo. De los hábitos cotidianos, de las convicciones políticas, de aquello que te gusta comer, de la tecnología que necesitas, de las percepciones sobre la meteorología, del paisaje que te rodea, de cómo te mueves o de las vacaciones que planificas durante once meses al año. El cambio climático es *el problema* del siglo XXI, y esta frontera difusa que impregna nuestro día a día (le afecta globalmente pero es difícil captar su impacto a corto plazo) es también su maldición. A diferencia de otras cuestiones científicas, no se inscribe en ninguna esfera; más bien al contrario, constituye una que engloba la totalidad de la actividad humana.

Escribir un texto sobre la materia, aunque sea con voluntad de resumen acelerado, es doblemente complicado. La vertiente científica («¿qué es el cambio climático y cuáles son las previsiones de impactos para los próximos años?») es la que se nos presenta como inevitable, pero la tecnológica («¿qué soluciones tenemos a nuestro alcance y cómo de factible es aplicarlas?»), la social («¿cómo afecta el cambio climático a las desigualdades y el funcionamiento de nuestra sociedad?») e incluso la ética, que enlaza con el concepto de justicia climática, o la psicológica («¿por qué no hemos hecho nada hasta ahora?»), son otros de los aspectos que no solo no podemos menospreciar, sino que resultan esenciales para entender la magnitud del desafío.

El presente libro está escrito tomando como base una evidencia científica reflejada en numerosos estudios y encuestas: existe una preocupación por lo que significa el calentamiento global, pero el conocimiento que la sociedad tiene sobre este es fragmentario, parcial y, a menudo, incorrecto. Eso provoca, en gran medida, que no se tomen las acciones necesarias: si no somos conscientes del hecho de que nosotros causamos el problema, ¿cómo hemos de saber que le debemos dar solución?

Por eso mismo es ineludible dedicar buena parte del texto a explicar qué es el cambio climático y por qué representa un problema radicalmente diferente del resto de retos a los cuales se ha enfrentado la humanidad, incluyendo el agujero de la capa de ozono o los desastres nucleares como Chernóbil. Pero eso no es suficiente. Escribir sobre el cambio climático es ya imposible desde una posición de seguridad, con una escritura mecánica y aséptica. Es responsabilidad de los científicos y divulgadores transmitir la ciencia con la máxima claridad y rigor posibles, y también dar las claves necesarias para que la ciudadanía se empodere y sea capaz de servirse de este conocimiento. La divulgación no es un onanismo público, sino un acto de generosidad hacia la sociedad.

La oceanógrafa Sarah Myhre escribía en el periódico inglés *The Guardian* (Myhre, 2016) animando a los científicos a preguntarse qué podrían escribir, qué podrían decir, a quién podrían hablar y si su voz se oía realmente. Y concluía:

> Esto no es una llamada política para abogar por una agenda ambiental o verde, es sobre liderazgo cultural y la toma de decisiones con base científica ante un cambio y una crisis sin precedentes.

Y eso mismo pretende ser este libro: una herramienta para entender cómo está cambiando el mundo que nos rodea y cuál es nuestro papel en ese cambio, pero también en las posibles soluciones.

ESTE LIBRO SIRVE PARA DESPERTAR A STEFAN

> A veces tengo este sueño. Mientras doy un pa[blc]seo por el campo, descubro una granja en llamas. Los niños piden ayuda desde las ventanas de arriba. Así que llamo a los bomberos. Pero no vienen, porque algún loco no hace más que decirles que es una falsa alarma. La situación es cada vez más y más desesperada, pero no puedo convencer a los

> bomberos para que vengan. No puedo despertarme de esta pesadilla.

Estas líneas no están sacadas de un estudio psicológico sobre sueños: es la forma en que Stefan Rahmstorf, un notable investigador del Instituto de Potsdam de Investigación de los Impactos Climáticos, define qué es para él investigar sobre cambio climático.[1] Lo hace en la web *Is this how you feel?* (‘*¿Es así como te sientes?*’), un portal que recoge decenas de testimonios de científicos de todo el mundo. Allí hablan, sin tapujos, sobre qué significa para ellos investigar en un campo que con frecuencia ofrece resultados aterradores. A la agonía propia de quien descubre que algo va mal se le suma la opresión de saberse portadores de malas noticias que, además, no siempre son bien entendidas o correctamente asimiladas. En el caso del cambio climático, la torre de marfil en la que se suele visualizar a muchos científicos no es tal; se parece más a una jaula recubierta de espejos, donde los descubrimientos son insoslayables y la comunicación con el exterior refractaria.

El problema clave de la comunicación del cambio climático reside en cómo transmitir la urgencia de actuar ya sin parecer desesperado; en cómo combinar un mensaje esperanzador con advertencias realistas que impulsen acciones. George Marshall, que hace años que se dedica a repensar la comunicación del cambio climático, lo resume así (Marshall, 2007):

> Imagina que alguien viniera con una nueva y brillante campaña antitabaco. Mostraría imágenes explícitas de gente muriéndose de cáncer de pulmón acompañadas del eslogan: «Es fácil estar sano: fuma un cigarro menos al mes».

Sin duda el escenario que plantea Marshall es incluso un punto cómico, pero… ¿quizá no estamos haciendo lo mismo en las campañas de lucha contra el cambio climático que consisten en separar envases y cambiar las bombillas en casa? ¿Realmente podemos cambiar algo a escala individual, o es una forma de apaciguar los remordimientos de conciencia? En definitiva: ¿existe alguna estrategia viable

más allá de los buenos gestos ambientales?

Si la respuesta a la última pregunta fuese no, no hubiese escrito este libro porque, sencillamente, no sería necesario. ¿Para qué, si tendríamos suficiente con una lista genérica con medidas de ahorro energético? Pero la respuesta, afortunadamente, es afirmativa. Porque lo que nos hace falta no es que nos pongan deberes para hacer en casa, sino cambiar de escuela.

Escribo este libro porque aún tenemos tiempo de despertar a Stefan de su pesadilla, aún tenemos tiempo de salvar a los niños de la granja, del incendio y de la indiferencia. Aún tenemos tiempo de salvarnos el futuro.

Aún no es tarde.

1.La carta de Rahmstorf puede encontrarse en: <http://www.isthishowyoufeel.com/this-is-how-scientists-feel.html>.

1
EL CAMINO HACIA EL PALO DE *HOCKEY*

Los hombres discuten. La naturaleza actúa.
Voltaire

EL ECO DE TEOFRASTO

Que el clima cambia se sabe desde hace siglos, pero la capacidad de observación necesaria no es una cuestión intrascendente: es necesario saber discernir la variabilidad de los fenómenos meteorológicos para apreciar las tendencias. Teofrasto, un filósofo griego que vivió entre los siglos IV y III a. C., fue un fabuloso observador del medio natural. Discípulo de Platón y Aristóteles, fue el primero que intentó una sistematización de la clasificación de las plantas. En un lugar secundario –su producción es vastísima y el abanico de temas tratados, como era común en la época, enorme– aparece una mención al cambio climático por culpa de la acción humana. Como explica el historiador y geógrafo Clarence Glacken en su monumental tratado sobre la naturaleza y la cultura en el pensamiento occidental (Glacken, 1996), Teofrasto apreció un cambio climático a pequeña escala en Larisa, Tesalia. Después que se drenara una zona a menudo encharcada, evitando la acumulación del agua, el filósofo detectó heladas más frecuentes, que hicieron sufrir a las oliveras y a las viñas circundantes. En otro ejemplo, en Aenos, el área se volvió más cálida al desviar el río para que pasara cerca.

Resulta evidente que no tenemos medidas instrumentales de aquel entonces, y que el cambio en las temperaturas es a pequeña escala, además de poder deberse a una serie de factores diversos. Pero es innegable no solo la habilidad de

Teofrasto de descubrir cambios, sino de saber ligarlos con los cambios provocados por los seres humanos (que además tienen lógica, teniendo en cuenta el papel del agua como amortiguador térmico) y no, pongamos por caso, atribuirlos sencillamente a los dioses o a la variabilidad natural.

Por desgracia, el legado de Teofrasto, que ejerció una influencia muy destacada como pensador en la Grecia clásica, no tuvo continuidad respecto a sus teorías sobre los cambios climáticos provocados por los humanos. Si bien es cierto que hay destellos aquí y allá que recogen algunas de las ideas enunciadas por el griego, lo hacen sin voluntad de sumar evidencias o construir un corpus teórico; son, de momento, observaciones y nada más.

El estallido se produce a finales del siglo XVIII y principios del XIX. De una Tierra estática hemos pasado a un planeta dinámico, donde se acumulan las capas de sedimentos y donde las montañas son consideradas cada vez más antiguas. La noción misma del cambio, que es contraria al relato casi unánime de todas las religiones acerca de la creación del mundo por parte de Dios, es ya revolucionaria; no digamos, pues, la de la mutación por culpa de los humanos. Desde las evidencias de variaciones del nivel del mar (que ni que decir tiene que se trataron de atribuir al diluvio universal) hasta las marcas de los glaciares que se habían retirado después de la última edad de hielo, que se empezaba a entrever. ¿Qué había pasado? ¿Qué cataclismo debía haber sucedido para que el mundo hubiera estado cubierto de nieve hace miles de años? ¿Cómo encajaba esto con el relato bíblico?

Que el clima podía cambiar más allá de variaciones puntuales en zonas restringidas, como las que anotaba Teofrasto, comenzaba a ser visto como una realidad. Una de las primeras hipótesis consistentes y defendidas por un amplio sector de la comunidad científica fue la del enfriamiento de la Tierra. Como se comprobó que a medida que se excavaba y se profundizaba en las minas aumentaba la temperatura, se llegó a la conclusión de que el planeta emanaba calor desde el núcleo. Esto encajaba con los hallazgos de fósiles de animales propios de climas cálidos en

zonas que entonces se encontraban bajo un clima frío y riguroso: antes el calor terrestre habría mantenido unas condiciones casi tropicales, y cuando esta calefacción natural fue menguando, el hielo habría ganado terreno. Uno de los defensores de esta teoría fue el conde de Buffon, un destacado naturalista, así como Adolphe Brogniart o Joseph Fourier. Brogniart, además, elucubraba sobe la posibilidad de una atmósfera distinta en épocas anteriores, una visión innovadora.

Sin embargo, las evidencias cada vez más contundentes sobre la existencia de edades de hielo pretéritas chocaban frontalmente con las tesis de Buffon o, ya en las postrimerías del siglo XIX, de William Thomson, más conocido como Lord Kelvin, quien también defendía el enfriamiento gradual del planeta. En 1837, el biólogo y geólogo Louis Agassiz, convencido por el geólogo Jean de Charpentier de la importancia del tema (Bowler, 1998), defendió públicamente que la Tierra había estado sometida a una edad de hielo pasada, y en 1840 publicó sus *Estudios sobre los glaciares* (Agassiz, 1840). El texto provocó un encendido debate, que derivó hacia el intento de explicar las variaciones climáticas que, de eso ya no había dudas, había sufrido el planeta.

Pero lo importante, sin embargo, es que a mitad del siglo XIX se había roto definitivamente la cosmovisión del mundo como un lugar estable, sin casi variaciones en sus características físicas. La publicación en 1859 del libro de Charles Darwin sobre la evolución, *El origen de las especies*, marcó definitivamente el final de la época en la que se podía dar por hecho que el pasado era un lugar plácido donde se reflejaba el presente.

No está exento de cierta gracia que fuera justo en aquel momento, cuando se agotaba la primera edición del libro de Darwin, cuando el clima comenzaba a cambiar una vez más. No lo hizo, sin embargo, a un ritmo propio de las edades geológicas. Más bien al contrario, el cambio que estaba iniciándose se podría medir, por primera vez en la historia de nuestro planeta, en generaciones humanas.

La ciencia básica es aquella que, demasiadas veces, no aparece en los informativos y los periódicos. Los descubrimientos que tienen lugar en su ámbito no tienen una utilidad práctica inmediata, y en algunos casos, esta no llega nunca, o lo hace después de muchos años.

Joseph Fourier, matemático y físico francés, pasó a la posteridad por sus trabajos sobre la transferencia de calor (de ahí viene la ley de Fourier) y series trigonométricas convergentes. Pero es posible que de aquí a unos años sea preciso destacar otro hito en su currículum: haber sido uno de los primeros científicos que propuso una relación entre la composición de los gases de la atmósfera y la temperatura terrestre (Fourier, 1824). Más aún: fue capaz de reconocer que, sin la capa gaseosa, la Tierra tendría una temperatura muy distinta, ya que esta ayudaba a retener parte de la energía que llegaba del Sol. Su texto en los *Annales de Chimie et de Physique* de 1824 comenzaba así:

> La cuestión de las temperaturas terrestres, una de las más notables y más difíciles de toda la filosofía natural, se compone de elementos suficientemente diversos que deben ser considerados desde un punto de vista general.

¿Por qué era el clima como era? ¿En qué medida influían los gases? ¿Podía la actividad humana cambiar esta composición y, consecuentemente, cambiar el clima? El trabajo de Fourier abría la puerta a preguntas que aún no nos habíamos hecho, y lo hacía apenas cincuenta años después de que James Watt construyera la primera máquina de vapor moderna.

Eunice Foote fue la primera científica en relacionar de forma directa el ácido carbónico (como entonces se llamaba al dióxido de carbono) y el aumento de temperatura de la atmósfera. Pero el trabajo de Foote fue, como el de tantas otras mujeres, obviado y silenciado en un mundo eminentemente masculino. John Tyndall, filósofo natural inglés y experimentado alpinista, fue uno de esos hombres

que pasó a la posteridad sin compartirla con Foote, a pesar de que el trabajo de esta era tres años anterior.

Tyndall no dejaba de pensar en la cuestión de la antigua edad del hielo, y cómo podía explicarse esta. Se había especulado con las propiedades de algunos gases, que podrían retener calor, pero durante mucho tiempo no se dispuso de ninguna evidencia experimental. Más de treinta años después de la publicación de las ideas de Fourier, y sin conocer (aparentemente) el trabajo de Foote, Tyndall encontró un camino hacia la respuesta. De las anotaciones en su diario sobre los experimentos que demostraban las propiedades de absorción de calor (radiación infrarroja) hasta la presentación de los resultados en la Royal Institution tan solo pasaron unas pocas semanas (Hulme, 2009). Allí, delante del príncipe Alberto, explicó cómo el dióxido de carbono, el metano o el vapor de agua absorben mucha más energía que el oxígeno o el nitrógeno cuando se exponen a radiación térmica. Tyndall acababa de describir lo que hoy en día se conoce como *efecto invernadero*, la piedra angular de la ciencia del cambio climático. Y lo hizo en 1859, cuando Darwin ultimaba su manuscrito, y el mundo acechaba una revolución que no se imaginaba y que removería sus fundamentos más profundos: el ser humano era una más de entre los millones de especies que poblaban el planeta. Más de un siglo después, sin embargo, la investigación de Tyndall nos llevaría a reconsiderar esta concepción, porque ¿qué especie es capaz de modificar el mundo hasta tal punto? Bien pocas, sin duda.

Si la ciencia del cambio climático fuera una película policíaca, el detective que señala al culpable y averigua sus pasos la noche del crimen podría muy bien ser Svante Arrhenius, un científico sueco fascinado (sí, también) por las edades de hielo prehistóricas. Arrhenius consideraba que el dióxido de carbono era la clave, y realizó distintos cálculos (Arrhenius, 1896) que, pese a ciertas imprecisiones y la falta de conocimientos de la época, resultan inesperadamente ajustados hoy en día. Doblando la cantidad de dióxido de carbono que había en la atmósfera en aquel momento, predijo Arrhenius, la temperatura global subiría entre 5 y 6 ºC de media. Esta previsión coincide con algunos de los

escenarios planteados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC en adelante), y nos dice que hace más de cien años que teníamos señales sobre nuestra capacidad de alterar el clima.

Arrhenius calculó primero el enfriamiento que sufriría Europa si redujéramos a la mitad los gases de efecto invernadero (GEI) conocidos entonces, para lo que obtuvo un descenso de las temperaturas de entre 4 y 5 ºC. Fue su colega Arvid Högbom, que tenía mucha experiencia a la hora de estimar los ciclos de CO_2 en el ámbito natural, quien le planteó calcular el gas emitido por las fábricas. Y fue entonces cuando se tuvo, por primera vez, la percepción clara de que estábamos añadiendo gases a la atmósfera a un ritmo comparable al de los procesos geológicos. Era, eso sí, una nota al margen del artículo publicado en 1896; una anotación despreocupada, hasta ligeramente optimista –después de todo, Arrhenius era sueco y unos pocos grados más de temperatura no representaban un escenario hostil, sino todo lo contrario–.

El siglo XIX había sido el de los descubrimientos, el de la transformación y el empequeñecimiento del mundo, el de la colonización. El del «cambio por el cambio», según Lewis Mumford. El siglo en el cual llegamos a todas las partes del planeta y soñábamos, como Jules Verne, con traspasar y dejar atrás la frontera planetaria. En el imaginario colectivo, el ser humano era el triunfador absoluto de la evolución que Darwin había desvelado, y ejercía disciplinada y entusiasmadamente el papel que se le había otorgado en la cosmovisión judeocristiana: el de someter a todos los animales y plantas que vivían, y extraerles el máximo rendimiento. También, sin embargo, era una época en la que se certificó la capacidad de transformación de la «naturaleza inanimada», como decía el subtítulo del libro (Sherlock, 1922) de Robert Lionel Sherlock *El hombre como un agente geológico*, publicado en 1922.

A pesar de algunos trabajos posteriores de Arrhenius, quien continuó investigando la cuestión (y tratando de explicarlo al público en su libro de 1908, *La creación de los mundos*), y las aportaciones de otros coetáneos,

notablemente el geólogo norteamericano T. C. Chamblin, no fue hasta los trabajos de Guy Stewart Callendar al final de la década de 1930 cuando la teoría del calentamiento antropogénico del planeta tomó verdadera fuerza. Dentro del triunfalismo imperante sobre el papel de la humanidad (no tanto sobre la historia propia de los humanos, en un momento convulso y trágico), Callendar, un ingeniero aficionado a la meteorología, publicó en 1939 un trabajo (Callendar, 1939) en *The Meteorological Magazine* en el que relacionaba, de forma explícita, el aumento de las temperaturas –entonces ya detectable– y el incremento en la concentración atmosférica de CO_2. La revista *Time* se hizo eco al cabo de poco tiempo. No obstante, Callendar, igual que Arrhenius, tampoco entendía el calentamiento como un problema, sino como una forma inesperada y bienvenida de retardar el retorno de una nueva edad del hielo. El mundo, además, se enfrentaba entonces a la segunda gran guerra en veinte años, y estas cuestiones desaparecieron de la actualidad de aquel momento, engullidas por los pozos de petróleo y el humo de los tanques.

En un artículo aparecido en junio de 2016 en el portal científico Naukas, Pedro Hernández (2016) hace un exhaustivo repaso de los avisos sobre el cambio climático de los que la prensa se ha hecho eco en las últimas décadas. Inicia la cronología con Callendar, para detenerse en un reportaje de una revista de 1950 titulado «¿Se calienta el mundo?» (Abarbanel y McClusky, 1950). En un pie de fotografía, como la que se puede ver en la figura 1.1, se lee: «Combatiendo el calor bajo una boca de incendios en Dallas, estos niños de Texas quizá piensen que ahora hace calor, pero tienen muchas probabilidades de crecer en un mundo más caliente del que sus abuelos nunca conocieron».

Figura 1.1 Imagen del *Saturday Evening Post*, julio de 1950.

Resulta chocante que un pie de fotografía sobre un tema que consideramos actual en 2016, y que podría aplicarse a cualquier escena veraniega, se escribiera hace más de sesenta años. Aquel mismo año el asunto también se trató de forma menos distendida en otra pieza clave, «El clima cambiante» de George T. Kimble (1950), en la prestigiosa revista *Scientific American*. La pregunta, que se formulaba al inicio del texto y que sintetizaba el debate sobre el cambio climático que brotaría con violencia a finales de los años ochenta y durante la década de los noventa, era:

> ¿Qué es exactamente lo que le está pasando a nuestro clima? ¿Es una mera fluctuación a corto plazo, o está en marcha un

cambio a largo plazo?

Y a pesar del artículo de Kimble, a pesar de esta pregunta y las evidencias que se habían acumulado en torno a la relación entre las actividades humanas, la composición atmosférica y la temperatura planetaria, a pesar de más certezas que se acumularían en años siguientes, a pesar de los intentos de insertar el debate en la esfera pública y condicionar la política energética en el caso de Estados Unidos, la discusión no transcendió más allá de la anécdota y una preocupación creciente en círculos restringidos.

La pregunta es: ¿por qué?

EL VOLCÁN QUE LUCHABA CONTRA EL GIGANTE DE HIELO

Es habitual que en ciencia le pongan tu nombre, si la contribución ha sido suficientemente notable y singular, a una ley física, una reacción química o un planteamiento matemático. De aquellas personas que han pasado hasta el momento por estas páginas, hay unas cuantas cuyo nombre pervive en los libros de texto como el de una parcela del conocimiento científico y del saber compartido de nuestra especie.

Charles David Keeling tiene el honor, no exento de cierta opresión, de estar de actualidad permanente, y que cada año nos fijemos en la curva que lleva su nombre. La curva de Keeling[1] es la gráfica más famosa de todas aquellas que tienen que ver con el cambio climático. Constituye el mensaje más claro y potente del acierto de Callendar, y de cómo de justificada estaba la preocupación de aquellos que se planteaban, allá por la década de 1950, si no debíamos estar trastocando demasiado las cosas.

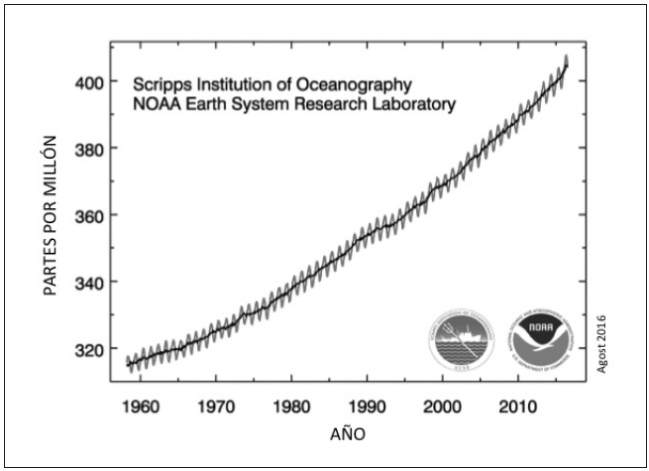

Figura 1.2 Curva de Keeling. CO_2 atmosférico en el Observatorio de Mauna Loa (datos a fecha de agosto de 2016).

Keeling, que había desarrollado un instrumento para medir con exactitud el dióxido de carbono en el aire, fue persuadido de continuar con su investigación en este campo por Roger Revelle, uno de los primeros científicos que estudió el calentamiento global por causas humanas, y también uno de los que hicieron posible el Año Internacional de la Geofísica, que acercó a científicos de los dos bandos de la guerra fría. Al cabo de poco tiempo, Keeling recibió financiación para establecer una base en Hawái, en el volcán Mauna Loa. La base se encontraba a miles de kilómetros del continente y también a 3.000 m, y este aislamiento no era casual: para medir la concentración de CO_2 sin interferencias (como lo serían las ciudades, las fábricas o las infraestructuras) era necesario alejarse de la civilización.

La curva empieza en 1958 con un valor de 315 ppm (partes por millón, que quiere decir que de cada millón de moléculas del aire 315 son de CO_2) y, desde entonces, no ha dejado de mostrar un aumento año tras año de la concentración del gas. Las variaciones mensuales, que le dan su característica forma de sierra, son debidas a los efectos de la vegetación: la mayor parte de las tierras emergidas se encuentra al norte del ecuador, y en la época de crecimiento

(primavera-verano) capturan significativamente más carbono que en el otoño y el invierno. Keeling había hecho la fotografía perfecta de cómo respiraba la Tierra. Desgraciadamente, la tendencia de ascenso permanente permanece inmutable.

El dióxido de carbono, en las concentraciones actuales, no es tóxico; para envenenarnos respirando, la concentración tendría que ser mucho, mucho mayor de la que hemos alcanzado –o que previsiblemente alcanzaremos en el medio plazo–. La preocupación de Keeling al ver los datos no respondía, pues, a una amenaza inmediata de una nueva forma de contaminación, como sí que era el caso de otros subproductos de la combustión de combustibles fósiles (el plomo cuando se añadía como aditivo a la gasolina o los compuestos de azufre y partículas pequeñas que se liberan cuando se quema el carbón). La preocupación tenía que ver con la consciencia de estar perturbando una cosa enorme y desconocida como es el sistema climático, y estar haciéndolo a tientas, con los ojos vendados, sin saber exactamente qué botones tocamos ni qué nos encontraremos cuando encendamos la luz.

Mientras Keeling anotaba los datos desde Mauna Loa y los compartía con el resto de la comunidad científica, un hecho inesperado aconteció por todo el mundo: la temperatura media del planeta estaba disminuyendo. Hasta más allá de 1980 la temperatura no volvió a alcanzar los valores a los que había llegado en 1940, y en 1970 era casi de 0,2 ºC menos (0,5 ºC en el hemisferio norte) en el momento en el que Keeling se instalaba en el observatorio hawaiano. Dos décimas de grado pueden parecer poco pero, como veremos a lo largo de este libro, son todo un mundo.

¿Y entonces? ¿Estaban equivocados Callendar, Arrhenius, Keeling y todos aquellos que creían que un aumento de dióxido de carbono conllevaría un aumento de las temperaturas? Según los datos experimentales disponibles en aquel momento, sí: mientras subía la concentración del gas de efecto invernadero, bajaba la temperatura global.

Tanto es así que algunos científicos, convenientemente amplificados por algunos semanarios y periódicos,

plantearon la posibilidad de estar encaminándonos hacia una nueva edad de hielo. Después de todo, encajaba con la glaciaciones cíclicas (hacía ya 12.000 años del deshielo que dio paso al Holoceno, la época geológica marcada por la expansión humana) y los datos climáticos disponibles. La revista *Time* titulaba, el 24 de junio de 1974: «¿Una nueva edad de hielo?» («Another Ice Age?», 1974).

La controversia y la perplejidad se extendieron al ámbito científico. En un artículo (Wigley y Jones, 1981) en *Nature*, de 1981, los autores comienzan así el manuscrito:

> Pese a que es una creencia general que el aumento de los niveles de CO_2 causarán un calentamiento global perceptible, los efectos no son aún detectables, posiblemente por el *ruido* de la variabilidad climática natural».

Ciento cincuenta años después de Agassiz, la variabilidad del clima era un hecho aceptado que no generaba ninguna polémica. No se veía como algo imposible que el calentamiento provocado por causas humanas –cuyos fundamentos físicos ya se conocían con exactitud– hubiera sido contrarrestado por alteraciones naturales sobre las que los humanos no teníamos ningún control.

Pero esta tampoco era la respuesta.

Solo unas semanas después, otro artículo (Hansen *et al.*, 1981) comenzaba a entreabrir dos puertas, la del inesperado enfriamiento y la del cambio climático tal y como lo conocemos hoy en día. En la revista *Science*, un equipo de la NASA liderado por James Hansen explicaba sus predicciones hechas mediante modelos informáticos, con equipos y ordenadores infinitamente menos potentes y capaces que el teléfono móvil que tienes en el bolsillo. Sus resultados no dejaban lugar a dudas: al ritmo de crecimiento y de emisión de gei de la época, cabía esperar un calentamiento de 2,5 ºC en el siglo XXI, contando con la sustitución de parte de las energías fósiles por renovables.

Por eso una de las primeras frases decía:

> La mayor dificultad a la hora de aceptar esta teoría ha sido la ausencia de calentamiento coincidente con el aumento

histórico de CO_2.

A principios de los ochenta nos encontrábamos en un punto de incertidumbre absoluta. La concentración del principal GEI continuaba aumentando y, de las cuatro décadas previas, tres habían sido de enfriamiento. ¿Y si estábamos entendiendo mal el efecto invernadero? ¿Y si en realidad no sabíamos cómo funcionaba el sistema climático? ¿Y si nos estábamos dejando algo?

LA SOMBRILLA DE HUMO Y CENIZA

Hace doscientos años no había radio, ni tocadiscos, ni videoclips, ni tampoco, claro está, canción del verano. Y sin embargo hubiera dado exactamente lo mismo, porque hace doscientos años no hubo verano.

Mientras que en Nueva Inglaterra, en Estados Unidos, se vestían con jersey y manoplas y recogían más de diez centímetros de nieve en junio (New England Historical Society), en el lago de Ginebra, entre Suiza y Francia, Mary Wollstonecraft y unos amigos miraban con desaliento por la ventana. Llovía, otra vez. El cielo estaba cenizo y uno de los presentes propuso escribir historias sobre fantasmas y temática sobrenatural. Wollstonecraft aceptó el reto de su amigo, que no era otro que Lord Byron, y de aquella noche nació *Frankenstein o el moderno Prometeo*, que fue publicado dos años después. Es posible que sin un verano anómalo como el de 1816 no disfrutaríamos hoy en día de toda la iconografía que rodea a Frankenstein –ni tampoco buena parte de la relativa a los vampiros, ya que otro de los que se encontraba en el lago, John Polidori, escribió *El vampiro*, que inspiraría posteriormente a Bram Stoker–.

Las percepciones sobre el tiempo de la que después sería conocida como Mary Shelley, que describía como lluvioso y nada estimulante, no respondían a una magnificación de los días desapacibles, como pasa a veces con nuestros recuerdos y la meteorología. Era tan solo la constatación de un verano

que, en Europa Occidental, marcó temperaturas hasta 3 ºC más bajas de lo que era habitual. El culpable del frío a destiempo, sin embargo, no se encontraba en el continente, ni tan solo en aquel año. Había que buscarlo en el otro extremo del mundo, quince meses antes.

En abril de 1815, una explosión como ha habido pocas a lo largo de la historia humana sacudió la isla de Sumbawa, en Indonesia. El monte Tambora había entrado en erupción (Bessan, 2012).2 Más de 70.000 personas murieron, y las cenizas se extendieron no solo hasta miles de kilómetros de distancia, sino que también llegaron a la estratosfera. Allí, algunos de los compuestos, como el dióxido de azufre (SO_2), después de experimentar reacciones de oxidación e hidratación, acabaron formando pequeñas gotas de ácido sulfúrico y agua, los llamados aerosoles de azufre estratosférico. Estos aumentaron más aún la opacidad de la atmósfera, con lo que se limitaba la penetración de los rayos del sol y, por lo tanto, el calentamiento de la superficie terrestre. El Tambora había creado una sombrilla para el planeta.

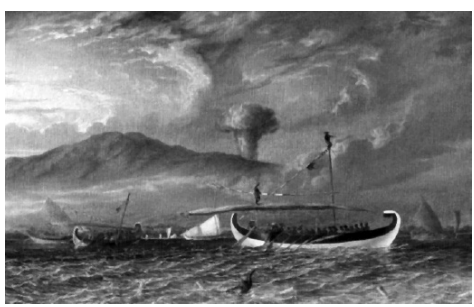

Figura 1.3 Pintura sin autoría conocida que ilustra, posiblemente, la erupción del Tambora.

La relación causa-efecto, que ahora parece tan evidente, no se descubrió hasta más de un siglo después (Conway, 2009). Aunque otros investigadores habían abordado el tema, fue el físico William Humphrey quien postuló, casi un siglo después, que la causa de la irritación de Mary Shelley era la furia de un volcán a más de 11.000 kilómetros, apenas un año antes. Sin embargo, la explicación no fue aceptada de

forma inmediata, porque los registros meteorológicos de la época eran, en el mejor de los casos, precarios y poco fiables.

El Krakatoa, también en Indonesia y que entró en erupción en 1883, proporcionó más pruebas sobre el efecto de los volcanes en el clima, pero todavía eran insuficientes. No fue hasta 1991 cuando, con un instrumental infinitamente más preciso y multitud de medidas recogidas por todo el mundo, se pudo establecer definitivamente la repercusión que tenía verter miles de toneladas de ceniza volcánica a la atmósfera (Earth Observatory, 2001). El Pinatubo hizo temblar las Filipinas, y entonces sí que se pudo atribuir directamente un descenso en la temperatura global del planeta de 0,6 ºC, causada por el manto de aerosoles que bloqueaba de diez a cien veces más luz solar de lo habitual.

Así que sí, nos estábamos dejando algo. Durante las décadas posteriores a la Segunda Guerra Mundial se produjo lo que ahora es conocido como «la gran aceleración», una época de extraordinario crecimiento económico y más extraordinario aún consumo de recursos. Se popularizó el avión como método de transporte, y el hambre por los combustibles fósiles entró en una espiral en la que todavía estamos inmersos. Al cabo de poco tiempo, es cierto, se emprendió la contención de los efectos nocivos más inmediatos, que causaron episodios como la Gran Niebla de 1952 en Londres (en inglés, *The Great Smog*, donde *smog* es la concentración de *smoke*, 'humo', y *fog*, 'niebla'), que provocó entre 4.000 y más de 10.000 muertes según distintas estimaciones. Parecía claro que el desarrollo necesitaba hacerse más limpio. Y fue a partir de aquella época cuando se impulsaron una batería de leyes ambientales, donde la *Clean Air Act* de Estados Unidos (firmada en 1963 y heredera de la *Air Polluction Act* de 1955) tiene un papel sobresaliente, por el liderazgo y por cómo actuaba sobre el país más contaminante del mundo.

Cuando toda la normativa se hizo efectiva y algunas emisiones de partículas tóxicas comenzaron a disminuir, también fue adelgazándose la sombrilla atmosférica que

nosotros mismos habíamos creado, dejando pasar más luz (¡a algunas ciudades británicas ni siquiera llegaban el 50 % de los rayos solares a nivel de tierra!). Y esto al mismo tiempo que las emisiones de gei se aceleraban cada vez más.

La paradoja que dejaba perplejos a muchos científicos climáticos al principio de la década de los ochenta (esto es, cómo es posible que disminuyan las temperaturas si sabemos que la adición de CO_2 a la atmósfera las incrementa) tenía, al fin, solución. Además de una posible variabilidad natural del clima, el papel que tuvieron los aerosoles fue crucial. Eso sin contar con la ayuda de los volcanes, como es el caso de la erupción del monte Agung en 1963 (sí, lo habéis adivinado: también está en Indonesia).

Y entonces, ¿qué pasó a partir de 1981? Que el mundo volvió a cambiar, pero no por última vez.

1988, EL AÑO QUE CAMBIÓ EL MUNDO SIN QUE NADIE SE DIERA CUENTA

Hay avances revolucionarios sutiles, en los cuales se edifican los fundamentos que, muchos años después, marcarán el día a día de buena parte de los habitantes del planeta. Tendemos a recordar, sin embargo, aquellas fechas que se disfrazan de espectacularidad mediática, aunque su legado quizá se desvanezca.

En 1988, el año en que se pusieron en marcha los mecanismos que desembocaron en el colapso de la Unión Soviética, se detectó el primer planeta exosolar y, con él, se volvió a alimentar la fantasía de la exploración del espacio profundo. En aquel año, que había visto cómo se conectaba por primera vez Estados Unidos con Europa vía internet, también se comenzó a discutir sobre un acrónimo que iba a revolucionar por completo el mundo: www, la World Wide Web. El mejillón cebra fue encontrado en los grandes lagos norteamericanos, comenzando su trayectoria como una de las especies invasoras que más pérdidas económicas ha causado a escala mundial. Y, el día 23 de junio, James

Hansen, el prestigioso científico de la NASA que ya había advertido siete años antes de la posibilidad real del calentamiento global, testificó frente a una comisión del Senado de Estados Unidos (Shabecoff, 1988).

Lo hizo después de años de recopilar pruebas en los que las incertidumbres que planteaba en su trabajo de 1981, y que hemos visto antes, se fueron disipando. Los modelos eran cada vez más fiables y las herramientas informáticas más potentes. Los datos climáticos recogidos por todo el mundo mostraban un calentamiento imparable, coincidiendo con las emisiones cada vez más aceleradas de CO_2. Con la confianza de estar haciendo aquello que era necesario, como cuando años después protestaba frente a la Casa Blanca y era arrestado por la policía, Hansen utilizó un tono duro y claro para dirigirse a los políticos norteamericanos. «El calentamiento ha comenzado ya», aseveró, y pese a que no podía asegurar cuándo percibiríamos con claridad los efectos más allá de las medidas instrumentales, urgió a actuar. Lo hizo, además, en un año en el que las olas de calor causaron entre 4.800 y 17.000 muertes no naturales en su país, que sufría asimismo una fuerte sequía.

En 1988, sin embargo, también se había puesto en marcha un nuevo reloj: el de las generaciones futuras. El *mantra* del ecologismo antropocéntrico –el mundo que legaremos a los que todavía no han nacido– cristalizó en el informe de 1987 de la ONU «Nuestro futuro común» (UN, 1987), también conocido como «Informe Brundtland», por la primera ministra noruega que lideraba la comisión. Después de novecientos días de estudio y de reuniones, emergió un concepto con fuerza, el de *desarrollo sostenible*. Arraigado en la antigua visión de una gestión durable y no depredadora de los recursos naturales, especialmente en aquello que se refería al monte, la comisión de Naciones Unidas amplió y dotó de contenido un concepto que no podía llegar en mejor momento. La definición más comúnmente aceptada de desarrollo sostenible, que es la que acordó la Cumbre de Río de 1992 (conocida como la Cumbre de la Tierra), es la siguiente (UNEP, 1992):

> El derecho al desarrollo ha de ser satisfecho de forma que

> satisfaga de forma equitativa las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras.

Y sin duda el cambio climático, tal como había enunciado Hansen y mostraban cada vez más estudios, ponía en riesgo esta capacidad para satisfacer las necesidades de aquellos que habitarían la Tierra al cabo de unos pocos años. ¿Cómo las satisfarían quienes perdiesen la casa por el aumento del nivel del mar? ¿Cómo garantizar un futuro a quien dependía de unas cosechas cada vez más escasas por la sequía recurrente y los récords de calor?

Si el informe es de las postrimerías de 1987, es en 1988 cuando se activa el reloj de las generaciones futuras. Es entonces cuando comienzan a nacer aquellos a quienes teníamos que legar la Tierra, y que corrían el peligro de heredar un planeta exhausto. Es a estas generaciones a las que se dirige Hansen cuando dice, textualmente, que el calentamiento «está sucediendo ya». Lo hace sabedor del hecho de que ya nadie habla de una nueva edad del hielo, y que quizá están llegando tarde a las advertencias que se escucharon en la primera mitad del siglo, a las previsiones de Callendar, a los cálculos de Arrhenius.

Afortunadamente, ni Hansen ni tampoco la Comisión Brundtland estaban solos. El año 1988 fue también el de la creación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, el ipcc. Partiendo del embrión del Grupo Asesor en Gases de Efecto Invernadero (AGGG), creado un par de años antes, la Organización Meteorológica Mundial (WMO) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) pusieron en marcha un ente nuevo y cooperativo, que sería el encargado de compilar la información sobre el cambio climático a escala mundial. El organismo, que nacía con una estructura poco ágil, se convirtió al cabo de pocos años en un ejemplo de cooperación científica internacional. Por ello recibió el Premio Nobel de la Paz de 2007, junto al exvicepresidente de Estados Unidos, Al Gore.

¿Qué es el IPCC hoy en día? Un grupo enorme de científicos y técnicos que, en multitud de comisiones, elaboran los informes más completos sobre cambio

climático, los que tendrán que informar a las políticas. A diferencia de otras disciplinas científicas, en la investigación sobre cambio climático hay un organismo que centraliza los datos disponibles, a partir de los cuales hace previsiones, intentando en todo momento que sean accesibles a la población y a cualquier responsable de políticas públicas que se interese por ellos. Obviamente, la investigación en el campo del cambio climático continúa por muchos otros caminos, y se publica en multitud de revistas científicas, pero el caso es que, afortunadamente, tenemos un nodo que nos proporciona información contrastada, de calidad y actualizada.

La pregunta, está claro, no puede ser otra: ¿qué nos dicen estos informes?

Y también: ¿qué diablos es «el palo de hockey»?

---

1. Keeling curve, Earth System Research Laboratory, NOAA. (Acceso e imagen de la curva del día 20/08/2016).

2. El autor del artículo donde aparece la pintura tampoco es capaz de dar una autoría para la imagen, y a pesar que la he buscado exhaustivamente, no he conseguido tampoco descubrir al autor o autora.

2
DE TAHÚRES Y TERMÓMETROS

> Estos últimos años se ha constatado que la actividad económica de los humanos influía sobre procesos naturales de gran alcance, lo que ha desvelado un interés creciente por los problemas ecológicos globales. Aunque las condiciones naturales sobre una parte importante del planeta hayan ido cambiando desde hace mucho tiempo por efecto de influencias antropogénicas, hasta un pasado reciente estos cambios no constituían, en el fondo, más que una suma de modificaciones locales, que se extendía gradualmente por vastas superficies como consecuencia de la extensión de la esfera de actividad económica de los humanos.
>
> Así, por ejemplo, la destrucción de los bosques en un continente no influía sobre el estado de los otros continentes, la construcción de presas en tal o cual río no afectaba al caudal de otros ríos sin relación con los primeros, etc. Pero la situación es bien diferente desde el momento en que los humanos comienzan a actuar sobre los procesos naturales globales; en este caso, la acción ejercida sobre el medio de una región puede modificar las condiciones naturales en otras regiones muy lejanas.
>
> Mikhaïl I. Budiko, 1977
> *Global'naja ekologija* ('*Ecología global*')

LA ARMADURA INVISIBLE

El cambio climático es una de aquellas materias que, sorprendentemente, exhibe una naturaleza dual a la hora de ser explicada: pese a que sus implicaciones y ramificaciones

son extraordinariamente complicadas de entender y prever, sus fundamentos son maravillosamente sencillos.

Cuando se habla de cambio climático, no obstante, se suelen mezclar al menos cuatro conceptos interrelacionados, pero no sinónimos (más adelante veremos cómo esto también tiene un impacto sobre la comunicación y la percepción del problema por parte de la ciudadanía). Son el *efecto invernadero*, el *calentamiento global*, el *cambio climático antropogénico* y el *cambio global*, y es necesario hacer una pausa antes de continuar.

El efecto invernadero

El efecto invernadero es el proceso físico por el que el planeta Tierra está más caliente de lo que lo estaría sin la atmósfera, gracias a la presencia de determinados gases. Son los llamados gases de efecto invernadero (GEI), que aunque se encuentran en concentraciones muy pequeñas, son capaces de conservar parte del calor que irradia nuestro planeta mientras –aquí está la clave– dejan pasar radiación de onda corta, es decir: la luz del sol.

Los más importantes, por concentración y por capacidad de retener calor, son el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) y distintos gases de la familia de los clorofluorocarbonos (CFC y HFCF), así como el vapor de agua (H_2O) y el ozono (O_3), cuando este se encuentra a nivel de tierra (es decir, en la troposfera). De forma similar a como actúa un invernadero de cristal, que conserva el calor aunque deja pasar la luz (y por eso el bochorno que hace siempre: podéis comprobarlo en cualquier jardín botánico), los gases de efecto invernadero calientan la Tierra. El equilibrio entre una superficie que sobre todo refleja (por ejemplo, nubes, nieve o aerosoles) y aquello que predominantemente absorbe (como los océanos o la mayor parte de la tierra) se produce de tal forma que la temperatura media del planeta es de 15 ºC. Eso son treinta y tres grados más que los –18 ºC con los que nos encontraríamos si no fuera por los GEI, y es lo que se

considera la «temperatura de equilibrio» de la Tierra. Debemos nuestra existencia a los GEI, no nos olvidemos; sin ellos, la vida en la Tierra hubiera sido casi imposible.

Los GEI se definen según su potencial de calentamiento global (GWP, por las siglas en inglés). Es una medida de cuánta energía podría añadir al calentamiento atmosférico un gas durante un tiempo definido, tomando como referencia el CO_2. El GWP de una molécula depende de tres factores:

1. La longitud de onda a la que absorbe la molécula (tiene que estar en la parte infrarroja del espectro electromagnético, es decir: ha de ser capaz de absorber radiación calorífica).
2. La capacidad de absorber el calor (que depende de la estructura de la molécula y de los enlaces entre los átomos, así como del número de estos).
3. La vida atmosférica media de la molécula (cuanto más persistente sea, más calentamiento producirá).

La concentración de los distintos GEI ha variado enormemente a lo largo de la vida de nuestro planeta, de la misma forma que lo ha hecho el clima. No ha existido nunca tal cosa como un clima inmutable, ni es malo que cambie. De hecho, todo aquello que comprende la historia humana ha sucedido durante un breve periodo de calentamiento. Pero este mismo éxito evolutivo y cultural es el que también está en riesgo, ahora mismo, por los efectos no deseados de la eclosión de progreso que hemos vivido en los últimos doscientos años.

El calentamiento global

Al añadir más GEI de los que el sistema Tierra puede asimilar (en forma de vegetación o incorporándolos a los océanos), parte de estos gases se quedan en la atmósfera, incrementan su concentración y, por tanto, contribuyen a potenciar el efecto invernadero. Eso es lo que intuían Fourier o Tyndall,

y lo que calculó Arrenhius. Este aumento de temperatura, además, será irregular a escala regional (unas partes se calentarán más que otras) y no se limitará únicamente a la atmósfera: también se calentarán la tierra y los mares.

La parte importante, sin embargo, es la que va más allá de los termómetros.

El cambio climático antropogénico

El tiempo no es el clima. Es una confusión habitual y, hasta cierto punto, alimentada por los medios de comunicación: ¿cómo podemos estar tan seguros de las predicciones climáticas de aquí a cincuenta años si no somos capaces de predecir con certeza el tiempo que hará mañana? Es una pregunta absolutamente legítima que tenemos que saber contestar, porque en caso contrario, si no eliminamos la ambigüedad, no seremos capaces de explicar ni la gravedad ni las implicaciones del calentamiento global. Es este enredo, y no otro, el que da pie a las negaciones del cambio climático por el hecho de vivir un episodio de frío extremo en invierno o unas lluvias torrenciales en verano.

Quien mejor –y de forma más sencilla– explicó la diferencia entre tiempo y clima fue el divulgador científico Neil deGrase Tyson en el documental televisivo *Cosmos*. Mientras pasea por la playa, hablándonos despreocupadamente del asunto, lo hace con un perro al lado, sujeto con una correa. DeGrasse va caminando lentamente y el perro, mientras tanto, da vueltas, se detiene a oler unas piedras, se gira hacia las dunas, se moja las patas en las olas. Es imposible saber qué hará al momento siguiente pero, sin embargo, sí que podemos conocer dónde estará aproximadamente en diez, veinte o cien pasos: muy cerca de DeGrasse, como máximo a una distancia no superior a la correa que lo sujeta. El perro es el tiempo: caótico, difícil de predecir, muy variable. El divulgador, en cambio, es el clima: puede modificar ligeramente la dirección de sus zancadas, pero es fácil saber dónde estará al cabo de un minuto o un cuarto de hora, porque conocemos

la trayectoria. Pese a que se nos presente como contraintiutivo, que no podamos asegurar dónde se encontrará el perro en el instante siguiente, ello no implica que no podamos predecir, con un grado de certeza razonable, dónde estará de aquí a cinco minutos, de la misma manera que sabemos que julio, de media, será más caluroso que mayo, por mucho que haya algún día de este mes igual de tórrido que uno de pleno verano.

El clima también cambia, y lo hace, como veremos, incontables veces. Sin embargo, en esta ocasión lleva apellido. *Antropogénico* implica que está causado, fundamentalmente, por los seres humanos. El calentamiento producido como consecuencia del fortalecimiento del efecto invernadero ha provocado, y provocará, cambios que van mucho más lejos de la mera lectura de la temperatura. El cambio climático implica modificaciones de los patrones de precipitaciones (cuándo llueve, cómo lo hace y dónde), de la evaporación, de las corrientes oceánicas, de la circulación atmosférica o de los fenómenos meteorológicos extremos. Además, hay que tener en cuenta que siempre hablamos de valores medios: que el calentamiento previsto implique una subida de 2 a 5 ºC no quiere decir que aumente igual en todos los sitios, de la misma forma que una temperatura media planetaria de 15 ºC no quiere decir que haga el mismo frío en Siberia que en el ecuador.

El cambio global

Quizá a veces leeréis también la expresión *cambio global*. ¿Y eso qué es? No es otra cosa que la forma que tenemos de llamar a todos los efectos de la actividad humana sobre el medio ambiente, no solo a aquellos que tienen que ver con el clima. Engloba desde la contaminación de aguas, suelos y aire, hasta la ocupación de la superficie terrestre para ganadería o agricultura, pasando por la extracción de minerales o la sobrepesca, entre muchas otras cuestiones. Pese a ser un asunto que sobrepasa con creces el objetivo del presente libro, es necesario tener en cuenta que el cambio

climático no es ajeno al resto de transformaciones que los humanos hemos ejercido sobre el planeta, sino que se imbrica y las potencia en muchos casos. Y ahora, vamos al grano, que viene el verano.

LECCIONES DE CLIMAS PASADOS

Una de las leyendas más conocidas sobre el descubrimiento de los mamuts es aquella que dice que, cuando encontraron uno de estos enormes elefantes lanudos enterrados en la nieve, los exploradores alimentaron con el hallazgo a los perros de los trineos, de tan hambrientos y exhaustos que estaban y de cómo de bien preservada que estaba su carne. Sea o no cierta la historia, el caso es que los mamuts nos hablan con una vivacidad inesperada de un clima que ya no existe. Su desaparición, sin embargo, no responde tanto al calentamiento natural que ha experimentado el mundo (y particularmente el hemisferio norte) en los últimos 12.000 años, como a una cacería sistemática perpetrada por los humanos, y que se aceleró de forma notable con la domesticación de los perros (Shipman, 2014).

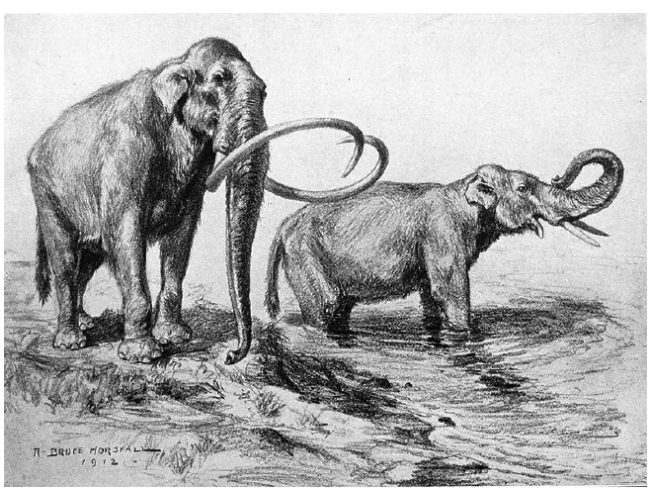

Figura 2.1 Imagen recreada de dos ejemplares de *Mammuthus columbi*, una especie de mamut que vivió en América del Norte entre 100.000 y 9.000 años atrás (imagen: R. Bruce Horsfall)

(Scott, 1913: 198).

Cuando se habla de cambio climático y se tropieza con el escepticismo sobre la posibilidad del mismo cambio, solo debemos recordar que hace unos pocos miles de años –una pequeñísima fracción del tiempo geológico– media Europa estaba cubierta de nieve, y los océanos estaban más de cien metros por debajo de su nivel actual. ¡Si hasta hay una conocida franquicia de películas de animación que ha hecho de la glaciación su tema principal!

Estas glaciaciones, con las que convivió nuestra especie y también otros homínidos (como el hombre de Neandertal), han sido cíclicas a lo largo del Cuaternario, que es el periodo de tiempo geológico actual y que comenzó hace dos millones y medio de años. Este, a su vez, se subdivide en dos épocas: el Holoceno, que es la que estamos viviendo, y se inició hace 12.000 años, y el Pleistoceno, que comprende el resto. Es durante esta época cuando se han sucedido las glaciaciones cíclicas, en las que la temperatura bajaba drásticamente para después recuperarse durante un periodo entre los 30.000 y los 40.000 años. ¿Qué provocaba estos cambios? Los humanos, eso está claro, no teníamos la culpa.

A pesar de que cuenta con aportaciones diversas y ha sido modificada con posterioridad, la teoría que trata de explicar estos cambios se conoce como la de los Ciclos de Milanković, en honor al científico serbio que propuso que lo que causaba los ciclos glaciales eran las variaciones del eje terrestre. Hoy sabemos que hay más factores implicados, a parte de la inclinación del eje (que influye directamente en la cantidad de energía solar que recibimos), como son la elipticidad y la inclinación de la órbita planetaria o la precesión de los equinoccios. Imaginaos una peonza que lanzáis en el patio de la escuela y varía la forma de girar mientras se mueve: tendréis una imagen que se aproxima bastante, aunque a cámara rápida. La suma de todos estos movimientos –a pesar de algunas críticas– se acepta actualmente como la causa de las glaciaciones de buena parte del Pleistoceno.

En 1987, el año anterior al que cambió el mundo sin

proponérselo, se publicó un estudio en la revista *Nature* que contribuyó también, de forma notable, a la ciencia del cambio climático. Hablaba de la obtención de datos sobre la concentración de dióxido de carbono en los últimos 160.000 años, gracias a unas muestras de hielo del lago Vostok, en la Antártida (Barnola e*t al.*, 1987). Desde entonces, las muestras del Vostok y de otros lagos helados no han hecho más que crecer en calidad y en cantidad, pero... ¿cómo se las arreglan para averiguar la composición de la atmósfera de hace miles de años a partir del hielo?

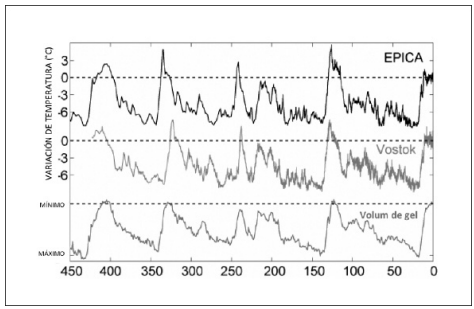

Figura 2.2 Reconstrucción de la variación de las temperaturas y del volumen del hielo a lo largo de los últimos 450.000 años a partir de muestras del lago Vostok y del proyecto europeo EPICA, también en la Antártida (imagen a partir de la elaborada por Robert A. Rohde).

Cuando la nieve cae, atrapa minúsculas burbujas de aire en las capas que va formando. Durante miles de años se van acumulando, y la propia estructura del hielo ya nos informa de si se amontonó de repente o fue una deposición más lenta. Tomando testigos del hielo (esto es, extrayendo cilindros) a distintas profundidades, podremos recuperar estas burbujas. Cuanto más profundo, más antiguo. Para llegar a los datos que tenemos en el gráfico, de cerca de medio millón de años, se han perforado casi cuatro kilómetros.

Y una vez que tenemos las burbujas, ¿cómo llegamos a las temperaturas? El proceso es complejo, pero se

fundamenta en la presencia, en las moléculas de agua (H_2O), de distintos isótopos del oxígeno. ¿Qué es un isótopo? Un átomo de un elemento con los mismos protones (que tienen carga positiva), pero que difiere en el número de neutrones (que no tienen carga) y, consecuentemente, en su masa (unos isótopos pesan más que otros). En los estudios sobre el clima tienen especial relevancia el ^{16}O y el ^{18}O, isótopos de oxígeno estables (no radioactivos) ya que ambos tienen 8 protones, pero sus núcleos contienen 8 y 10 neutrones respectivamente. Con un aparato llamado espectrómetro de masas, se puede saber la composición isotópica de una muestra de agua, y averiguar la proporción entre ambos (el ^{16}O constituye habitualmente el 99,76 % del oxígeno en el agua, y el ^{18}O tan solo el 0,20 %). En la proporción está la clave, ya que la diferente masa atómica condiciona la evaporación y precipitación de las moléculas de agua, hecho que está en relación directa con la temperatura; en las épocas frías, los océanos se enriquecen en ^{18}O (es más fácil evaporar el isótopo más ligero).

Pero ¿y si queremos ir más allá? También podemos inferir la temperatura mediante distintas técnicas, entre las cuales está el estudio de la composición química de las conchas de los foraminíferos (unos seres vivos minúsculos que mayoritariamente viven en el mar). Con esta y otras herramientas de exploración de tiempos pretéritos sabemos, por ejemplo, que el último gran calentamiento tuvo lugar hace 56 millones de años, y se le conoce como máximo térmico del Paleoceno-Eoceno (PETM), para marcar la divisoria entre las dos épocas geológicas. La temperatura aumentó, en poco más de 10.000 años, cerca de 5 ºC, lo que es un abrir y cerrar de ojos si pensamos en los 4.500 millones de años que tiene la Tierra.

También podemos, sin embargo, encontrar historias de cambios climáticos más cercanos. Sorprendentemente cercanos, podríamos decir, ya que hace solo unos siglos de los más recientes. Durante los últimos mil años la humanidad, y muy especialmente en el hemisferio norte, ha experimentado dos pequeños cambios climáticos que, no obstante, tuvieron consecuencias perceptibles sobre las sociedades de la época.

El primero es el que se conoce como Periodo Cálido Medieval, en el que se puede observar un ligerísimo calentamiento hacia el año 1.000 d. C. Aunque algunos autores relacionan un resurgimiento cultural y económico (como Brian Fagan [2008]) y hablan de las exploraciones de los vikingos (que incluso habrían llegado a Terranova) como muestra de cómo de cálido era el clima entonces, investigaciones recientes ponen en duda que fuera así (Young e*t al.*, 2015).

De lo que quedan más registros es, por el contrario, de la Pequeña Edad de Hielo, un periodo que alcanza, aproximadamente, desde el año 1300 hasta el 1850. Aunque las temperaturas registradas no se parecen en ningún caso a las de una auténtica edad de hielo de hace miles de años, el enfriamiento fue suficiente para que escenas como la siguiente se convirtieran en habituales en el centro de Europa.

Figura 2.3 *Una escena de invierno con patinadores al lado de un castillo*, Hendrick Avercamp, 1609.

Si bien es cierto que aún hace frío en el continente, y que algunos ríos se hielan en el invierno, también lo es que estos espectáculos ya no se producen, ni mucho menos, con la misma asiduidad. La pintura holandesa de los siglos XVII y XVIII nos proporciona numerosos ejemplos del rigor del clima, y de cómo la gente se adaptó y hacía su vida. Uno de los que mejor captó el ambiente gélido fue el pintor neerlandés Hendrick Avercamp, sobre el que la National Gallery de Washington organizó una exposición en 2010 con la temática exclusiva de la Pequeña Edad de Hielo.

Pero no nos podemos fiar solo de los cuadros para inferir el clima de hace quinientos años, y como el registro instrumental es limitado, ¿dónde miramos? Como dice aquel dicho, busca en los lugares más inesperados y encontrarás la respuesta.

Y es que ciertamente buscar datos climáticos en una iglesia puede resultar desconcertante, pero puede ser muy esclarecedor. Porque... ¿qué hacían los habitantes de los pueblos del siglo XVII cuando no llovía y peligraba la cosecha? Mirar el cielo con impaciencia, eso seguro, pero también rezar, salir de procesión y hacer plegarias y donativos. Preguntar en la sacristía es lo que hizo el investigador Mariano Barriendos por distintas poblaciones españolas (Barriendos, 1997), y encontró que el enfriamiento era menos acusado que en el norte de Europa; no obstante, otros estudios en la cuenca mediterránea han encontrado indicios de inviernos excepcionalmente duros, como el de 1683-1684 en Italia (Diodato y Bellochi, 2011).

¿Dónde más podemos indagar? En el fondo de una botella de vino, por ejemplo. O, para ser más precisos, en los registros sobre el inicio de la vendimia y lo que se recogía. Y, como no podía ser de otra manera, uno de los registros más antiguos de los que disponemos se encuentra en Francia, iniciado en 1484. Comparando los datos de inicio de la recolección de la uva con las temperaturas registradas en De Bilt (Países Bajos) para el periodo 1484-1879, se observa una correlación significativa (Burrough, 2007). Otros investigadores se han fijado en la producción de trigo y otros cereales, y especialmente –porque es de lo que más

anotaciones quedan– del precio que se pagaba por ellos (Pfister y Brádzil, 2006): ¡cuanto más escaso, más caro!

Estas observaciones artísticas, religiosas y económicas nos dan una idea general del panorama, pero para pulir y afinar la reconstrucción del pasado nos hacen falta los llamados *proxies* climáticos. Estos son medidas físicas que nos permiten inferir, con ciertas garantías, las temperaturas pasadas. Los más importantes, pero no los únicos, son:

– Testigos del hielo y sedimentos: como hemos visto con el ejemplo del lago Vostok, la nieve es una fuente fiable para entender la atmósfera de hace miles de años. Los sedimentos marinos y de lagos constituyen también un buen registro sobre las precipitaciones (si llueve mucho y de forma más violenta se acumulan más sedimentos, con arena, grava y piedras de mayor tamaño), y a la vez permiten extraer la relación entre los isótopos de oxígeno, de la misma manera que en los testigos de hielo.

– Agujeros y pozos: es posible inferir las temperaturas pretéritas con medidas directas a partir de excavaciones a una cierta profundidad, aunque esta técnica presenta una gran variabilidad.

– Los anillos de los árboles: la dendroclimatología es la ciencia de determinar los climas a partir de los anillos y del crecimiento que muestran, y si encontramos árboles suficientemente viejos, es una medida fiable y muy útil.

– Hojas y polen: tanto las hojas fósiles como el polen que se preserva en los sedimentos son herramientas muy potentes para reconstruir climas (e incluso paisajes) pasados.

– Corales: los esqueletos de estos animales exhiben también bandas, al estilo de los anillos de los troncos de los árboles, que pueden ser leídas.

– Otros organismos: como por ejemplo los ostrácodos, unos pequeños crustáceos (de 0,5 a 2 milímetros en la mayoría de especies) que poseen una valva carbonatada, y que gracias a su ubicuidad y diversidad han permitido reconstrucciones

paleoambientales tanto de ambientes marinos como continentales.

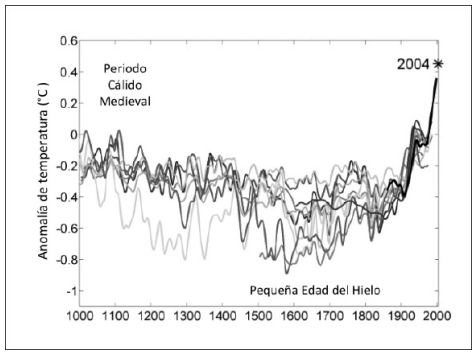

Figura 2.4 Reconstrucciones paleoclimáticas para el periodo 1000-2000 y anomalía de temperatura (modificado a partir de una figura original de 2005 de Robert A. Rohde para el *Global Warming Art Project*).

En el caso particular de la Pequeña Edad de Hielo, todos estos *proxies* apuntan a que, efectivamente, hubo un enfriamiento en el hemisferio norte durante más de cuatrocientos años, como podemos ver en el gráfico (que muestra una serie de reconstrucciones distintas, pero coincidentes en las tendencias).

Tenemos la suerte, además, de contar con medidas directas de la actividad directa del sol, gracias a las manchas que suelen aparecer en él de forma habitual. Diversas investigaciones han encontrado que, aproximadamente entre 1645 y 1715, hubo un mínimo de actividad del astro, lo que se conoce como el mínimo de Maunder. Se piensa que esto contribuyó de forma notable al enfriamiento (Lockwood e*t al.*, 2010) aunque, según algunos investigadores, lo que inició la Pequeña Edad de Hielo no fue el sol, sino los volcanes (Miller *et al.*, 2012). Lo más probable, sin embargo, es que se tratara de una combinación de ambos procesos.

Así que sí, el clima ha cambiado. Y lo ha hecho tanto si nos fijamos en el tiempo geológico y volvemos la vista millones de años atrás, como si nos vamos a hace tan solo

unas décadas. La pregunta, evidentemente, es ¿somos los humanos capaces de ejercer el papel del sol y de los volcanes, y producir un cambio abrupto en el planeta que habitamos desde hace tan solo unos milenios?

CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO: ¿ESPEJISMO O REALIDAD?

Conocer el pasado es una herramienta imprescindible para entender qué afecta, y qué no, al sistema climático. Es la base para interpretar un presente cambiante que, sin duda, se encamina hacia un rango de temperaturas en el cual no ha vivido nunca ningún humano.

La diferencia fundamental de las reconstrucciones climáticas del pasado –que presentan, de forma inherente, un grado no despreciable de incertidumbre– y las medidas actuales es la calidad y la ubicuidad de las medidas instrumentales. Tenemos observatorios, satélites espaciales, sondas y boyas de altísima precisión por todo el planeta, que monitorizan su estado constantemente. Y lo que nos dicen es inequívoco: el planeta se calienta. No hay ninguna clase de controversia en este punto (después veremos quiénes son y por qué surgieron los autodenominados *escépticos* del cambio climático). La pregunta sobre el cambio climático no es ya si está sucediendo, sino cómo de rápidamente y con qué alcance.

Pero que eso lo diga yo –aunque sea en un libro como este– no tiene ninguna validez. Es el registro instrumental y los miles de científicos que han analizado los datos los que lo validan. Veamos cómo lo han hecho.

Una peligrosa victoria en el juego de la cuerda

Seguro que recordáis, cuando eráis pequeños, el juego de la cuerda: cada equipo estira por un extremo y el primero que

consigue que el contrario pase la línea que divide el terreno gana. Pues bien, si los humanos estuviéramos jugando una partida con el planeta y la línea central fuera el equilibrio climático, sin duda ganaríamos: somos más fuertes que el equipo contrario. ¿Es eso posible?

Decir que los humanos estamos desequilibrando el clima no quiere decir que tengamos más poder que la naturaleza. Solo el Sol, en una hora, nos envía toda la energía que consumimos durante un año. Lo que sí que podemos hacer es, con nuestra contribución, descompensar el estado actual del clima. Como hemos visto, el clima no solo ha variado muchísimo a lo largo de la historia geológica del planeta, sino que también ha experimentado oscilaciones cuando nuestra especie ya estaba aquí. Lo que pasa, sin embargo, es que estamos forzando el clima en una determinada dirección, como si moviéramos el morro de un avión tan solo un grado: tras diez kilómetros no lo notaría nadie, pero al cabo de mil estaríamos bastante lejos de la ruta. Tomad papel y lápiz y haced una prueba.

El *forzamiento radiativo* se define técnicamente como la diferencia de insolación absorbida por la Tierra y la energía radiada de retorno al espacio, y se suele cuantificar en la tropopausa (la frontera entre la troposfera y la estratosfera, las dos capas más bajas de la atmósfera) en unidades de Watts por metro cuadrado. Un forzamiento positivo comporta que se conserve más energía por debajo de la tropopausa (es decir, en la troposfera, que es donde suceden los fenómenos meteorológicos y la capa de la atmósfera que nos rodea), y uno negativo, que se escape más energía. Cuando hablamos de equilibrio climático lo hacemos, esencialmente, de equilibrio para un periodo entre los distintos forzamientos, que pueden ser perturbados puntualmente. Así, por ejemplo, un volcán como el Tambora añade un forzamiento negativo, ya que los aerosoles expulsados contribuyen a reflejar parte de la luz del sol que nos llega.

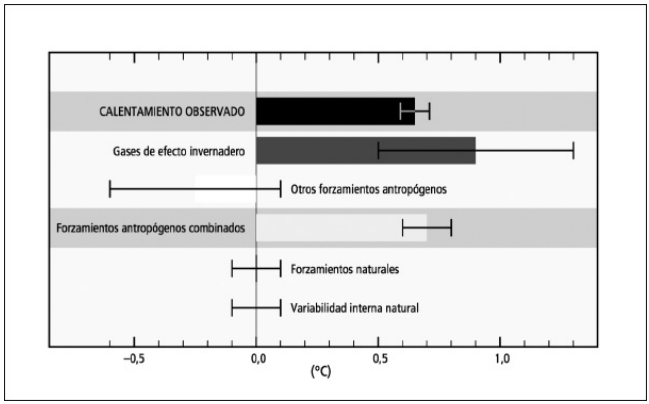

Figura 2.5 Contribución al cambio observado de temperatura terrestre para el periodo 1951-2010. Forzamientos radiativos antropógenos y naturales. Figura RRP3, Informe de síntesis: resumen para responsables de políticas del IPCC, 2014.

El gráfico es parte del resumen que el IPCC presenta a los responsables de políticas medioambientales, y condensa todos los datos disponibles. El informe técnico, por ejemplo, detalla la contribución por separado de los distintos GEI y el resto de forzamientos antropogénicos, algunos de los cuales se contrarrestan. Así, implica que los GEI añaden cerca de 0,9 ºC al calentamiento global, pero a su vez otras consecuencias de la actividad humana (como los aerosoles) contribuyen 0,2 ºC al enfriamiento. El resultado es un calentamiento que nos indica que sí, que hemos ganado al juego de la cuerda, porque los forzamientos naturales y la variabilidad climática tienen poco que hacer frente a nosotros.

Pero estas barras no son suficientes, porque si eso fuera cierto tendríamos que estar observando una serie de efectos claros en nuestro planeta. Hay indicadores clave que nos tendrían que dar una pista sobre si, efectivamente, se está produciendo este calentamiento que cabría esperar. ¿Es así?

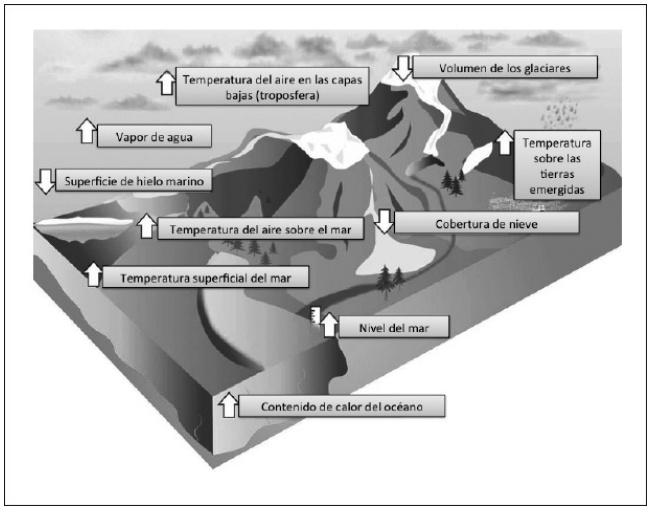

Figura 2.6 Indicadores del calentamiento global (modificada a partir de una figura original del IPCC). Figura FAQ 2.1.-1. The Physical Science Basis, IPCC, 2013.

Todo aquello que tendría que comportarse de una forma determinada, si hubiera un calentamiento global, lo está haciendo. Y además se experimenta por todo el planeta, a diferencia de otros cambios climáticos anteriores, como la Pequeña Edad de Hielo, que se circunscribían a determinadas latitudes (el hemisferio norte). El cambio actual es global y sincrónico. Las imágenes de los glaciares retrocediendo son comunes en Argentina y en los Alpes, el nivel del mar sube en Nueva York y Sydney, y los termómetros muestran un aumento de temperaturas medias en Montreal y en Bangkok. Las pocas excepciones que, a primera vista, se han encontrado (como que, por ejemplo, una parte de la Antártida haya ganado grosor de nieve) se pueden explicar también por una subida de las temperaturas.

Además, hay otros procesos que nos indican que, efectivamente, la troposfera se está calentando. Si a causa de un forzamiento radiativo positivo se deja pasar menos calor al exterior, cabría esperar que la estratosfera se enfriara. Y, efectivamente, así es.

Visto en forma de gráfico, en el último informe del ipcc

se presentan juntos los datos del aumento de temperatura, la concentración de los principales GEI y las emisiones de CO_2 de los últimos ciento sesenta años.

Las tendencias son, desgraciadamente, incontestables, como habíamos visto en la figura anterior. Ahora bien, es necesario que nos hagamos la pregunta de si los humanos somos responsables del calentamiento. ¿El cambio climático es verdaderamente antropogénico, o tan solo estamos potenciando un proceso natural? La ciencia no funciona solo basándose en correlaciones, por tanto sería incorrecto asumir –aunque parezca lo más lógico– que, ya que emitimos muchos GEI, somos los únicos responsables de que aumente en la atmósfera. Nos toca vestirnos de diablo: ¿y si hubiera otros procesos que desconocemos?

La huella dactilar que efectivamente nos delata no es otra que el carbono. De la misma manera que pasaba con el oxígeno, el carbono también tiene distintos isótopos (átomos que se comportan igual, pero tienen distinta masa). El ^{12}C es el más común, y también el más ligero, y las plantas lo prefieren. De esta forma, cuando es liberado a la atmósfera (por quema de biomasa vegetal o combustibles fósiles, que en última instancia vienen de las plantas) la relación entre ^{13}C y 12C decrece.

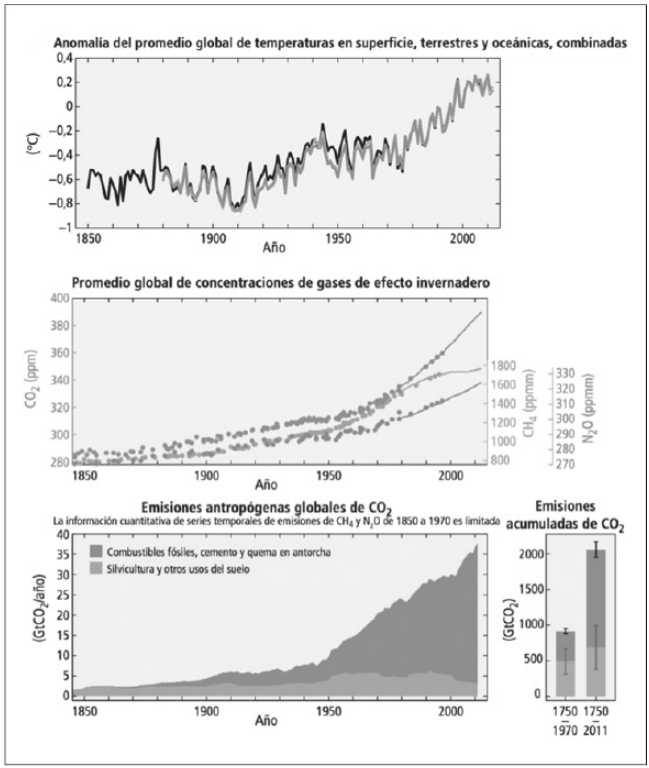

Figura 2.7 Evolución de la temperatura, concentración de GEI y emisiones de CO_2 para el periodo 1850-2010. Figura RRP1, Informe de síntesis: resumen para responsables de políticas ipcc, 2014.

Y podemos medir esta relación volviendo de nuevo a los árboles, y estudiando la relación con los anillos, para saber cómo era la atmósfera cuando crecía el tronco.

Lo que se ha podido encontrar es que, en los últimos 10.000 años, no hay un precedente para una relación $^{13}C/^{12}C$ tan baja, hecho que implica que ha sido en las últimas décadas cuando se ha liberado la mayor parte del carbono.

Hemos sido nosotros.

En sus informes, el IPCC emplea una terminología quizá un poco cargante, pero muy específica. Para delimitar la incertidumbre, se utilizan tramos de probabilidad que van desde «excepcionalmente improbable» hasta «virtualmente

cierto», y cada uno tiene una correspondencia numérica: desde «menos del 1 %» hasta «mayor del 99 %». Sobre las causas del cambio climático, cada informe del IPCC ha ido admitiendo cada vez un porcentaje más alto de probabilidades de que los humanos seamos los responsables, y así lo resumen en el quinto y, de momento, último informe (cursiva en el original).

> Las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero han aumentado desde la época preindustrial, en gran medida como resultado del crecimiento económico y demográfico, y actualmente son más grandes que nunca. Como consecuencia, se han alcanzado unas concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso sin parangón, como mínimo, en los últimos 800.000 años. Los efectos de las emisiones, así como de otros factores antropogénicos, se han detectado en todo el sistema climático, y es *sumamente probable* que hayan sido la causa dominante del calentamiento observado a partir de la segunda mitad del siglo XX.

«Sumamente probable» equivale al 95 % de certeza. Diríamos, pues, que el IPCC no tiene muchas dudas sobre a quién hay que mirar. Pero aún nos queda otra pregunta por hacernos, después de saber que el cambio climático es real y que nosotros somos los culpables.

¿Por qué es distinto ahora?

Una pregunta que surge siempre que se habla de cambio climático antropogénico es: ¿por qué es distinto? Después de todo, y como hemos visto, hace treinta mil años Europa estaba cubierta de nieve y hielo. Más aún: ha sido durante el periodo cálido (interglaciar), que se inició hace cerca de 12.000 años, cuando las civilizaciones humanas han florecido, cuando se ha extendido la agricultura y nos hemos multiplicado. Y después aún hemos vivido un par de calentamientos y enfriamientos en los últimos siglos.

Así que pese a saber que sí, que está sucediendo y que

los culpables somos nosotros, ¿por qué nos tendríamos que preocupar por unos pocos grados más, o por prolongar este periodo de bonanza que, según todos los indicios, precede a una nueva edad de hielo? Es una de las preguntas más lógicas –y legítimas– que nos podemos hacer. Aunque en la siguiente parte del libro es cuando veremos con detalle los impactos del cambio climático, sí que hay una respuesta clara y corta a por qué ahora es distinto.

En los últimos años se ha puesto de moda correr, y seguro que en vuestro vecindario, o en los parques cercanos, lo podéis comprobar. Decenas de personas que corren, algunas a gran velocidad, invaden calles, jardines y sendas. ¡Quizá tú mismo eres una de ellas!

Ahora imagina que estás en muy baja forma –o sencillamente no haces ningún deporte– y yo te preguntara si mañana podrías correr cinco kilómetros, y hacerlo al ritmo de un atleta olímpico. Muy probablemente me contestarías que ni pensarlo, que qué he bebido. Pero si te plantease un escenario distinto como, pongamos por caso, correr esos cinco kilómetros a un ritmo suave de aquí a dos años, estoy convencido de que te verías capaz, independientemente de tu estado físico actual. Dos años son muchos días para perder peso y entrenarte, y el objetivo no es ninguna locura: se puede hacer poco a poco, consolidando los avances y progresando con solidez.

El ritmo, pues, es la diferencia. Y de la misma manera que lo es para un deportista, lo es para todos los seres vivos del planeta. En los calentamientos de hace millones de años, hasta en los más rápidos, la temperatura subió a un ritmo mucho, mucho más lento que en la actualidad: un grado cada dos mil años en el máximo térmico del Paleoceno-Eoceno, por ejemplo. En el Cretácico, los dinosaurios vivieron un aumento de 0,000025 ºC por año y, a tal ritmo, hubieran tardado 52.000 años en experimentar el calentamiento que nosotros ya hemos provocado en solo ciento cincuenta años (1,3 ºC en julio de 2016 respecto a las temperaturas preindustriales). Las previsiones del ipcc, que veremos en la siguiente parte, son de hasta 5 ºC *en un solo siglo*. Es decir, mucho más rápidamente que el más rápido de

los calentamientos conocidos, y sin duda mucho más de lo que nunca ha experimentado la biosfera (el conjunto de seres vivos de la Tierra). Entonces las especies tuvieron tiempo de adaptarse a las nuevas condiciones, y no se produjo un colapso como el que se espera para algunos ecosistemas con el actual calentamiento.

Con una velocidad como la prevista, nuestras opciones de adaptarnos son limitadas. Porque si nuestro entorno no puede ajustarse a las nuevas condiciones, nosotros tampoco podremos.

El cambio climático es real, lo causamos nosotros, conocemos los mecanismos y, lo que es aún más importante, el ritmo al que se está produciendo no tiene parangón en la historia del planeta.

Cuando Michael Mann, un climatólogo y geofísico estadounidense, publicó junto con dos colaboradores su ya famoso artículo de 1999 «Temperaturas del hemisferio norte durante el último milenio: inferencias, incertidumbres y limitaciones» (Mann e*t al.*, 1999), ofreció una imagen reveladora. Los autores combinaban distintos *proxies* para inferir cómo había sido la evolución de las temperaturas durante los últimos mil años, y el resultado fue el llamado «palo de *hockey*», un gráfico en el que la línea de tendencia se mantiene más o menos plana hasta que se dispara en un extremo, recordando así la forma de un palo de *hockey*. Quizás a nosotros nos cuesta más de visualizar, pero sin duda es una referencia común en América del Norte, y el sobrenombre fue otorgado de forma prácticamente inmediata.

Como consecuencia de la publicación comenzaron la controversia y el examen minucioso de los datos a fin de refrendar –o no– las conclusiones de los investigadores. Mann se convirtió en el centro de los ataques (no solo verbales) de quienes combatían activamente la idea del calentamiento global, y llegó a publicar un libro sobre «las guerras del clima» (Mann, 2012) unos años más tarde. La imagen se fue haciendo popular, como un símbolo del cambio climático y, sobre todo, de la excepcionalidad de los registros de la época, que no han hecho más que exacerbase

desde entonces.

Lentamente, los análisis posteriores fueron refinándose y dando apoyo a las tesis de Mann. En 2013 se publicó una nueva revisión exhaustiva que, utilizando más de 550 registros, dibujaba otra vez el palo de *hockey* (Kauffman *et al.*, 2013) sin lugar a dudas.

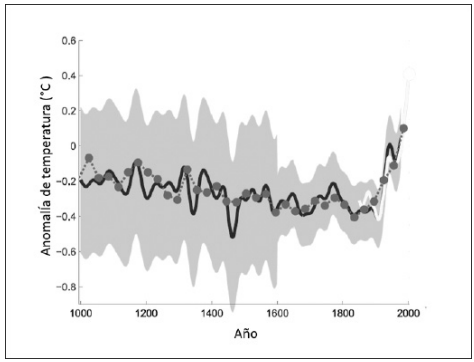

Figura 2.8 Temperatura reconstruida 1000-2000 d. C. Resultados del proyecto PAGES2K en la línea de puntos (valores medios para treinta años). En la línea oscura están los resultados originales de Mann y colaboradores (con el rango de incertidumbre en gris claro). En gris más claro y a partir de 1800, medidas instrumentales a partir de 1850 (modificada a partir del original de Klaus Bittermann).

Aquella curva que se nos presentaba como una escalera hacia el cataclismo al final de los años noventa era real, y por mucho que la incertidumbre sea la compañera inseparable de los registros paleoclimáticos, los datos son tozudos. El palo de *hockey* no era ruido estadístico, ni tampoco una invención de un científico aislado. Era la ilustración, clara e hiriente, de que algo estaba cambiando rápidamente, a una velocidad que ni tan solo sabíamos que era posible.

La pregunta que nos tendría que preocupar no es pues si vivimos un cambio climático causado por nosotros. Esta respuesta la sabemos bastante bien. La cuestión es: ¿qué

viene cuando se acaba el palo de *hockey*? ¿Qué hay después del último peldaño?

¿A dónde nos estamos dirigiendo?

3
SERÁ UN VERANO QUE DURARÁ MIL AÑOS

Después del universo, la biosfera probablemente es, en algunos aspectos, la realidad más grande de la que, como humanos, nos tenemos que ocupar; y sin embargo, la amenazamos de muchas maneras, la mayoría, básicamente, fruto de nuestro número excesivo y creciente y de nuestra prodigalidad. Deberíamos tener en cuenta también que los peligros inherentes a algunos de los cambios inducidos por los humanos radican en su sutileza, ya que pueden pasar por alto hasta que ya es demasiado tarde para poner remedio, mientras que otros se manifiestan espectacularmente, de repente incluso, después de superar un umbral o son desatados inesperadamente.

Nicholas Polunin y Jacques Grinevald, 1988,
Vernadsky and biospheral ecology
(‘*Vernadsky y la ecología de la biosfera*’)

Ahora mismo, en el admirable momento que es para nosotros el presente, estamos decidiendo, sin quererlo realmente, qué trayectorias evolutivas permanecerán abiertas y cuáles se cerrarán para siempre. Ninguna otra criatura ha gestionado esto nunca, y será, desgraciadamente, nuestro legado más duradero.

Elizabeth Kolbert, 2014, *The Sixth Extinction: an Unnatural Story* (‘*La sexta extinción: una historia nada natural*’)

¿Se puede estar seguro de que pasará algo malo, pero no ser capaces de predecir cómo sucederá con exactitud? Pensémoslo con un ejemplo de la vida real. Un obrero trabaja en un andamio mal montado, haciendo movimientos bruscos y sin ninguna medida de seguridad. Sabemos que, en algún momento, el andamio se desplomará, y que lo hará antes o después dependiendo del peso del obrero, de los materiales con los que se haya construido y de cómo se mueva. Que no tengamos una confianza del 100 % para dar un momento exacto no implica que no podamos establecer un rango horario, e incluso elaborar una previsión de las posibles heridas.

La incertidumbre que aún existe con algunos de los efectos previstos del cambio climático (por poner un ejemplo, ¿en qué medida aumentarán los fenómenos meteorológicos extremos?) no quiere decir que no se sepa con casi total certeza que eso sucederá (es decir, que *sufriremos* más fenómenos meteorológicos extremos). El sistema climático es tan extraordinariamente complicado (y hay, además, importantes distorsiones internas y cíclicas, como los fenómenos de El Niño o la Oscilación del Atlántico Norte) que difícilmente alguna vez podremos tener nada que se parezca a una bola de cristal donde ver el futuro sin interferencias.

Uno de los elementos que aún nos separa de saber cómo evolucionará el clima es la sensibilidad climática. ¿Cómo de sensible es el sistema climático a una concentración de CO_2 que duplique la que teníamos hacia mediados del siglo XIX?

Seguro que alguna vez, cuando habéis hecho un viaje y habéis estrenado la ducha del hotel, os habéis quemado o congelado al poco de abrir el agua. Como no conocéis cómo funciona el grifo, no sabéis en qué punto saldrá el agua caliente y en qué punto helada. ¿Tenéis que mover un centímetro a la izquierda para que salga templada? ¿O mejor dos? ¿Cuánto aumenta la temperatura según giras el mango de la ducha?

Lo que desconocéis esta primera noche en el hotel –y

quizá la segunda, si no lo recordáis y os volvéis a helar– es la *sensibilidad* del grifo a vuestra manipulación. Y sin embargo sabéis que girándola, en un momento u otro, el agua saldrá caliente.

Actualmente esta sensibilidad para el clima se estima en unos 3 ºC. Si duplicamos la concentración de CO_2 preindustrial (280 ppm) podemos esperar esta subida de temperatura. El resultado se obtiene de los registros experimentales de los últimos ciento cincuenta años, pero hay que decir que cualquier sensibilidad que esté en el rango de los 1,5 a los 9 ºC sería consistente con los datos recogidos en las últimas décadas (Zhu e*t al.*, 2016). La incertidumbre es, de nuevo, una de las constricciones a la hora de hacer predicciones. ¿Cómo hemos estrechado entonces el margen? Tan solo tenemos que irnos mucho más allá de 1850, e ir encajando las piezas del puzle climático, relacionando los cambios de temperaturas pasadas con la composición de la atmósfera. Al final, obtenemos el mencionado valor de 3 ºC, que no es un dato inmutable, pero sí una orientación bien fiable.

La serpiente que se muerde la cola

¿Habéis jugado alguna vez a aquel juego de ordenador –o de móvil– en el que hay una serpiente que cada vez se hace más larga según va atrapando premios en la pantalla? Si es así, recordaréis que perdíais las partidas cuando hacíais que la cabeza tocara por accidente el cuerpo. Quedaos con la imagen, a la que volveremos.

Un bucle de retroalimentación es todo aquello que alimenta al mismo proceso que lo provoca: es un bucle dentro de un sistema. Por ejemplo, si en una discusión agria entre dos personas una de ellas sube el tono, es probable que la otra también lo haga, hecho que provocará que se incremente la irritación y el volumen crezca algunos decibelios más. La situación se resuelve o bien con una ruptura abrupta (alguno de los dos lo deja estar y se va enfurecido) o bien con la intervención de un factor externo

(alguno que llega de fuera y calma los ánimos).

Nosotros, en cierta medida, estamos discutiendo con el planeta. Le estamos enviando estímulos que no solo le impactan de forma directa, sino que desencadenan respuestas aún mayores. Estas, sin embargo, pueden ser positivas y negativas, y se llaman ciclos de retroalimentación (*feedbacks*, en inglés).

El calentamiento global puede tener, sorprendentemente, efectos secundarios que tiendan a retardarlo. A más CO_2, más alimento tienen las plantas para fabricar ramas y hojas, se acelera la fotosíntesis y consecuentemente, más CO_2 pueden capturar, además de que las hojas reflejan, en general, más luz que el suelo. Eso, junto con el abandono de parte de las tierras de cultivo en el mundo desarrollado y la reducción de la tasa de deforestación en algunos bosques (como el Amazonas), ha ocasionado que la Tierra haya reverdecido en los últimos treinta años, un hecho que comienza a apreciarse en las imágenes de satélite. El aumento de CO_2, según un grupo de investigadores, es el responsable del 70 % del cambio, dado su efecto como fertilizante. Desgraciadamente, el aumento de la captura del CO_2 por parte de la vegetación no compensa, ni de lejos, la cantidad que emitimos los humanos cada año. Y más verde no quiere decir necesariamente mejor; aquello que importa en un ecosistema es la estructura y diversidad, no únicamente la cantidad de biomasa.

Aunque hay otros ciclos que tienden a enfriar la atmósfera además del secuestro de CO_2 por las plantas –como por ejemplo la mayor formación de nubes, que reflejan parte de la luz que les llega–, son los bucles de retroalimentación positivos aquellos que predominan y preocupan. Es el pez que se muerde la cola y que, cuando lo hace, perdemos la partida.

Un ejemplo es el de la pérdida de la cubierta de hielo. Si sube la temperatura, la nieve se derrite, y cualquier superficie que quede al descubierto –sea agua, vegetación o suelo desnudo– absorbe más energía que la nieve, que como es blanca refleja prácticamente toda la que le llega. Disminuimos lo que se conoce como el albedo de la Tierra,

que es una medida de su reflectividad y, con ello, hacemos que se caliente más, con lo que se funde más nieve... y la historia continúa hasta llegar a aquello que se conoce como un nuevo equilibrio: un estado en el que, de nuevo, hay un balance con una cierta estabilidad.

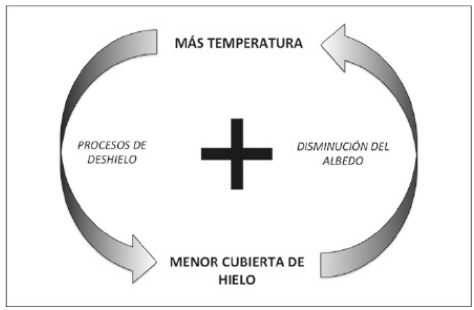

Figura 3.1 Un ejemplo de ciclo de retroalimentación positivo simplificado: el del albedo, la absorción de energía solar y la cubierta de nieve.

El deshielo es particularmente sensible a estos bucles. Hace poco se ha descubierto (Langley *et al.*, 2016) que en la Antártida han proliferado lagos en la superficie de los glaciares por el aumento de temperatura. Estos, a su vez, favorecerán directamente el deshielo y que se formen más lagos, que magnificarán y alimentarán de nuevo todo el proceso. En el caso de Groenlandia, también se ha observado una aceleración del deshielo: actualmente su capa de nieve permanente pierde cerca de 270 gigatoneladas al año. O lo que es lo mismo, unos 110 millones de piscinas olímpicas, lo que no es poca cosa. Lamentablemente, parece que aumenta y se acelera, según los últimos datos de satélite disponibles (McMillan e*t al.*, 2016), porque cuanto más expuestos están los glaciares, más violentamente llegará el mar a ellos y más deshielo provocará. Esta es una de las explicaciones que se plantean para entender por qué el deshielo se está produciendo más rápidamente de lo que predijeron los modelos.

La irreversibilidad es un proceso difícil de asumir, y los

humanos hemos demostrado que nos cuesta digerirlo; el ejemplo más evidente es la muerte. Pero en el ámbito ambiental, y estimulados por algunas victorias (como la del agujero de la capa de ozono o la lucha contra la lluvia ácida), tenemos la percepción de que el cambio climático es un problema homologable, pongamos por caso, a un lago degradado. Si dejamos de verter contaminantes, surcarlo con barcos y construir en la orilla, lo podremos recuperar, ¿no? El lago sí –y también hay historias de éxito en este ámbito–, pero el cambio climático está desgraciadamente muy lejos de parecerse a un río cerca de una industria tóxica.

Si dejáramos de emitir gases ahora mismo, las temperaturas continuarían subiendo durante décadas, y aunque por arte de magia retornáramos a las temperaturas preindustriales en cuestión de pocos años, la cubierta de hielo del planeta –Groenlandia, la Antártida, el Ártico, los glaciares continentales– no se recuperaría en una generación. Ni en dos. Ni en diez. Porque una vez que ha logrado un nuevo estado y ha perdido la resiliencia que la caracterizaba (esto es, la capacidad para absorber perturbaciones) se necesita una energía enorme para retornar a las condiciones iniciales. El camino de ida no es igual al de vuelta.

Una forma de visualizarlo es la figura 3.2. Podemos ver una bola que está en equilibrio con el entorno: no se moverá si la dejamos quieta. Si le damos un pequeño empujón oscilará y, finalmente, volverá a su estado de equilibrio. La resiliencia de la bola es la capacidad que tiene para absorber las perturbaciones y volver al equilibrio existente. Puede haber, sin embargo, perturbaciones en las condiciones ambientales que no solo la hagan moverse ligeramente, sino que la hagan caer a un nuevo estado de equilibrio. Allí, después de unas cuantas sacudidas –debe asentarse–, volverá a encontrarse en un estado estable. Y desde luego, es muy fácil captar que la energía que nos ha hecho falta para desplazarla al nuevo equilibrio no es, ni mucho menos, aquella que nos hará falta para retornarla al antiguo.

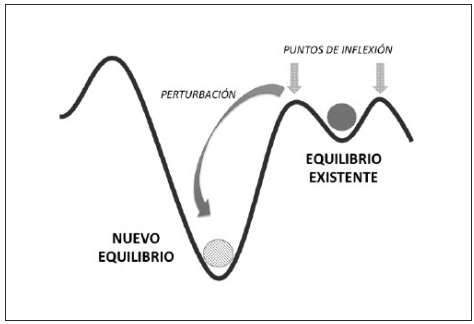

Figura 3.2 Ejemplo de sistema con más de un equilibrio, y donde una perturbación puede ocasionar que, una vez superado el punto de inflexión, se logre un nuevo equilibrio.

Otra partida que parece que estamos perdiendo es la del permafrost, el suelo congelado que cubre buena parte de las latitudes polares del hemisferio norte. Es un tipo de suelo absolutamente singular: siempre está bajo cero, y de ahí le viene el nombre. Además, esta característica ha posibilitado que, durante miles de años, mantenga sin activar una auténtica bomba de relojería climática: los clatratos de metano.

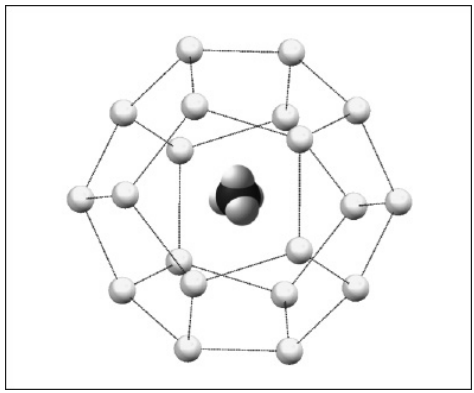

Figura 3.3 Figura esquemática de un clatrato de metano; se omiten los átomos de hidrógeno y la molécula de metano no está a escala.

Un clatrato no es otra cosa que una *cápsula* de moléculas de agua en forma de hielo, que tiene el suficiente espacio en el interior para contener una molécula pequeña. En el permafrost hay una cantidad absolutamente descomunal de metano contenido en clatratos, y si se liberara (es un GEI veinticinco más potente que el CO_2) podría contribuir de forma notable a la subida de temperaturas. Aquí, claro, es donde tenemos otro ciclo de retroalimentación: más calentamiento, más metano que se libera, que provoca más calentamiento, que...

El problema con el deshielo, con los clatratos y con muchos más ciclos que intervienen en el cambio climático es que, desgraciadamente, no sabemos dónde nos conducirán. No conocemos el nuevo estado de equilibrio, ni siquiera dónde está. Solo sabemos que existe, y que hace demasiado tiempo que estamos poniendo a prueba la resiliencia de nuestro sistema climático. Y que nos aproximamos, cada vez más, a un punto de inflexión.

El cambio climático desbocado y el punto de no retorno

Una de las ilusiones que se producen cuando se habla de cambio climático, incluso cuando admitimos que nosotros somos los responsables y entendemos los mecanismos por los cuales lo hemos puesto en marcha, es la ilusión de control. Como sabemos qué hemos hecho mal, debemos poder averiguar con relativa facilidad qué hay que hacer bien para comenzar a arreglar el problema. Pero existe un impedimento.

Recuerdo perfectamente la primera vez que escuché la expresión «punto de no retorno». La pronunciaba *Doc* Emmet Brown, el científico excéntrico y genial de *Regreso al futuro*, la saga de películas sobre viajes en el tiempo de los ochenta. Explicaba a su compañero de aventuras, Marty McFly, que pasado un determinado punto la máquina del tiempo –que era un coche de lo más moderno– o bien se estrellaba porque

no le daría tiempo a frenar, o bien viajaría hasta el futuro. Que a partir de aquel punto ya no habría marcha atrás. Me costó rebobinar la cinta VHS un par de veces para entender eso: hay un punto a partir del cual ya no depende de ti. Durante todo el metraje se habían enfrentado a pandas de atracadores, problemas técnicos y desafíos mentales. Pero al final, en aquel punto, cuando solo faltaban diez minutos para que acabara la historia, se encaminaban hacia un momento en el que el control ya no estaría en sus manos.

Eso es lo que estamos haciendo los humanos con el cambio climático. El proceso que hemos puesto en marcha (emisión de GEI en grandes cantidades y consiguiente calentamiento del planeta) es peligroso y dramático, pero lo peor es que, si continuamos, pondremos en marcha otros mecanismos sobre los que no tenemos ninguna clase de poder. Si se deshiela el permafrost y se vierten millones de toneladas de metano a la atmósfera, no solo la temperatura se resentirá, sino que el deshielo por todo el globo será drástico. Con el deshielo completo de Groenlandia, que afortunadamente aún es una hipótesis muy lejana, el nivel del mar subirá 7 metros. Y si licuamos el hielo de la Antártida, la subida sería de unos pavorosos 61 metros, aproximadamente.

Obviamente, son escenarios altamente improbables en este momento. Lo que pasa es que podemos estar pavimentando el camino para que ocurra en los próximos siglos, y podemos estar perdiendo la capacidad de pararlo. Los anglosajones han acuñado un término para esto, *runaway climate change*: 'cambio climático desbocado'. Aquel que está más allá de nuestro control, y que se puede producir repentinamente.

Es por eso por lo que hay que actuar ahora mismo. Pero antes, y ya que hemos hablado de viajes en el tiempo, dejadme hacer una llamada.

UNA CONVERSACIÃN CON LA MUJER DEL TIEMPO DE 2066

Si pudiéramos coger el teléfono y hablar con quien hará la predicción de aquí a cincuenta años –y suponiendo que no fuera un robot, ¡claro está!–, seguro que tendríamos muchas preguntas que hacerle. ¿Qué tiempo hace? ¿Aún se pueden cultivar naranjas en Valencia y trigo en Cuenca? ¿Queda nieve en los Pirineos? ¿Se puede salir a la calle en julio?

Otra pregunta que podríamos hacerle es: ¿cómo de pronunciada ha sido la subida de los termómetros respecto a mi adolescencia? Puede ser que os parezca que me intereso por un rango temporal absolutamente arbitrario, pero preguntaros a vosotros mismos: ¿qué me importa más, saber cómo de cálido será el clima respecto a un periodo que ya he vivido, o volver a ver un mapa con anomalías de temperatura respecto a un periodo del que no tengo recuerdos?

¿Y sabéis qué? He podido hacer esta llamada. Y la mujer del tiempo de aquí a cincuenta años me ha enviado esta imagen por WhatsApp apenas hemos colgado.

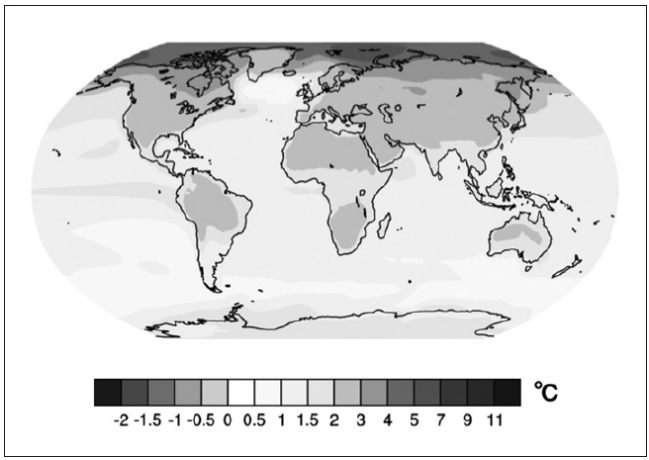

Figura 3.4 Temperatura media para 2050-2080 respecto del periodo 1983-2001 (RCP 4.5). Mapa obtenido con la aplicación en el KNMI Climate Explorer, y utilizando el escenario rpc 4.5 (calentamiento bajo-medio) de las proyecciones del IPCC.

Como debéis de haber adivinado por la referencia cinematográfica, nací en los ochenta. El periodo 1983-2001 corresponde a mi adolescencia, y el de 2050-2080 a mi

jubilación –¡o eso espero!–. Lo que quería visualizar, y lo que he preguntado a la mujer del tiempo, es cómo había cambiado el tiempo desde que yo era joven. ¿Podría recorrer de mayor –aunque sea con cayado– los mismos paisajes? Lo he hecho con una chispa de optimismo, porque el escenario que se representa en el mapa es el de un calentamiento moderado, donde en la década de 2020 comenzarían a bajar las emisiones de forma drástica.

Con tristeza he comprobado que las temperaturas habían subido de 2 a 3 ºC. Quizá hace demasiado calor para los naranjos y el arroz. Quizá la línea de costa ya no es como la recordaba en los primeros baños de mi niñez. Quizá en el verano una persona mayor, como lo seré yo, lo pasará bien mal con las olas de calor que, sin duda, abundarán. Y con todo, estoy contento. ¿Sabéis por qué? Porque esta mujer del tiempo no existe. Porque este futuro no está escrito. Porque es tan solo un escenario en un modelo, un párrafo en el libro que tenéis en las manos, y no una sentencia en un juzgado.

El trasluz del futuro

Para evitar algo primero tenemos que saber dónde está. Si corremos a tientas en medio de un bosque en la más negra oscuridad, poco avanzaremos sin chocar con un árbol. Para conocer el futuro y adelantarnos a él, tenemos que aprender a intuir la luz.

El problema, sin embargo, es cuando hay distintos futuros posibles. Según la luz con que lo iluminemos, veremos uno u otro. Cuando se trata de hacer proyecciones a largo plazo, el ipcc suele emplear cuatro escenarios básicos, que bautiza con el nombre de rcp, por las siglas en inglés de Camino de Concentraciones Representativas, y lo acompaña un número que hace referencia al forzamiento radiativo relativo a los valores preindustriales (en W/m^2). Está desde el que presupone una acción decidida en favor de la reducción del uso de combustibles fósiles (RCP 2.6) hasta aquel en el que continuamos emitiendo al mismo ritmo que en la actualidad (RCP 8.5). Y no solo eso: en cada uno de

estos escenarios se tienen que incluir los procesos de retroalimentación que desencadenarán. Una de las principales críticas es, justamente, ser demasiado optimistas con estos procesos, y obviar los efectos más perjudiciales.

Pero para dibujar el futuro necesitamos una paleta y un pincel, y este, afortunadamente, es cada vez más fino y más preciso. En el primer informe del IPCC, la resolución espacial era baja, ya que se trabajaba con cuadrados de 500 por 500 kilómetros. Imaginaos, ¡toda la península Ibérica modelizada con solo cuatro cuadrados! El nivel de detalle que eso permite es muy limitado y, por tanto, los resultados también reflejarán estas constricciones. Sin embargo, con el paso de los años –y el aumento de la potencia de cálculo de los ordenadores– hemos logrado grados de detalle notables y hemos obtenido modelos que emplean parcelas de terreno de 30 x 30 kilómetros, y también incorporan la altura de las montañas. A su vez, la atmósfera se ha ido dividiendo en más *rebanadas*: los procesos atmosféricos no son iguales en los primeros cien metros, los que están en contacto con la superficie terrestre, que entre el segundo y el tercer kilómetro.

Y, con todo eso, hemos entrevisto el trasluz del futuro.

¿CUÁLES SERÁN LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO?

Este capítulo podría bien ser un libro de distintos volúmenes en permanente escritura. Cada semana hay nuevos descubrimientos científicos sobre los efectos del cambio climático: o bien se miden con más detalle, o bien se descubren procesos que nadie había considerado. Sabemos que los impactos que se detallan aquí sucederán, porque, además, algunos transcurren en el presente, no en el futuro. Lo que desconocemos es qué gravedad tendrán para los ecosistemas terrestres y para nosotros, y también a qué ritmo lo harán.

Una subida de 3 ºC en la temperatura media de una región no tiene nada que ver con el hecho de que en abril haga 20 ºC y pase a hacer 23 ºC. Tiene que ver, por ejemplo, con olas de calor mucho más persistentes y habituales de lo que lo son hoy; el verano de 2003 es una buena prueba de ello. A lo largo de toda Europa, la ola de calor de aquel año fue la responsable de más de 70.000 muertes (Robine, 2008). Una ola de calor no es sencillamente que haya temperaturas más altas de lo habitual; es un periodo prolongado con temperaturas anormalmente altas, que no deja que el organismo se adapte ni descanse. La sufren, especialmente, las personas mayores, los recién nacidos y los enfermos.

Pero también se puede resentir la salud laboral. Según distintos estudios, el aumento del estrés térmico previsto para las próximas décadas puede hacer que haya áreas del planeta donde, directamente, sería imposible salir a trabajar. Otras, incluso, serían peligrosas para aquellos que se mantuvieran en reposo. Para ilustrarlo de una forma extremadamente gráfica (Dunne e*t al.*, 2013), Nueva York podría alcanzar un nivel de estrés térmico superior al de Bahrain, un pequeño estado del Golfo Pérsico. Eso, evidentemente también tendría efectos sobre el turismo (Olcina, 2012), lo que constituye una preocupación emergente.

Pero la salud no tiene que ver solo con el calor. El cambio climático podría provocar episodios de contaminación más acusados en determinadas zonas, tanto por la modificación de los patrones climáticos (menos circulación o precipitación que limpie el ambiente) como por la potenciación de ciertos contaminantes, como el ozono a nivel troposférico. A parte, y pese a que el CO_2 es inofensivo en las concentraciones actuales, nuevos datos apuntan a que si duplicáramos o triplicáramos la concentración en la atmósfera –como actualmente sucede en algunas oficinas o aulas de colegio–, nuestras funciones cognitivas podrían resentirse (Allen e*t al.*, 2016).

Otra de la consecuencias –lógicas, incluso– del cambio

climático es que si las condiciones climáticas tropicales ultrapasan sus límites, también lo harán las enfermedades que están asociadas a estas. Así, hemos tenido ya avisos a escala mundial (como los brotes del virus Zika de 2016) y también en Europea, con episodios de Chikungunya (artritis epidémica), una enfermedad que transmite el mosquito tigre. La Organización Mundial de la Salud (OMS), de hecho, advierte desde hace años del resurgimiento de algunas enfermedades como la malaria y el dengue en zonas donde ya se consideraban erradicadas.

También la enfermedades mentales pueden verse afectadas por el calentamiento global. No solo directamente (durante los episodios de olas de calor, por ejemplo), sino también a raíz de los desasosiegos de después de perder la casa en un fenómeno meteorológico extremo, o sencillamente por la angustia que provoca encaminarse hacia un horizonte en el que empeorarán nuestras condiciones de vida. Después del huracán Katrina, que asoló la costa sureste de Estados Unidos, los residentes de Nueva Orleans tuvieron el doble de pensamientos suicidas de lo que era habitual hasta ese momento. Las mujeres que perdieron sus casas y tuvieron que vivir en viviendas temporales se suicidaron un 80 % más que la media del país, y aquellas que experimentaron las inundaciones mientras estaban embarazadas tuvieron diversos problemas después de dar a luz (USGCRP, 2016).

El planeta seguirá aquí durante miles de millones de años, pese a las perturbaciones a las que estamos sometiendo su sistema climático y la biosfera. Su salud no está, en ningún caso, en riesgo. La nuestra, desgraciadamente, sí.

«*En mi país la lluvia no sabe llover*»

Al meu país la pluja no sap ploure:
o plou poc o plou massa;
si plou poc és la sequera,

si plou massa és la catàstrofe.
Qui portarà la pluja a escola?
Qui li dirà com s'ha de ploure?
RAIMON

'En mi país la lluvia no sabe llover:
o llueve poco o llueve demasiado;
si llueve poco es la sequía,
si llueve demasiado es la catástrofe.
¿Quién llevará la lluvia a escuela?
¿Quién le dirá cómo se ha de llover?'

El de las precipitaciones es uno de los impactos *estrella* (si es que se puede decir así) del cambio climático. ¿Lloverá menos? ¿Lloverá más? El mejor resumen lo tenéis justo arriba, en las líneas de la canción de Raimon: la lluvia desaprenderá, aún más, a llover.

Los patrones de precipitaciones son extremadamente complicados y, aunque hay una serie de mapas del ipcc sobre este aspecto, muchas áreas del planeta presentan una incertidumbre grande. Y eso es porque la lluvia depende de muchos factores, no únicamente del aumento de temperaturas, entre los que están la orografía, las corrientes atmosféricas, la circulación marina o la presencia de partículas en el aire (que actúan como núcleos de condensación), entre otros. Hay un consenso, eso sí, respecto al aumento de los fenómenos atmosféricos extremos (habrá más energía en el sistema climático por el aumento de calor, que tendrá que liberarse). Es posible que llueva la misma cantidad de litros por metro cuadrado de aquí a veinte años, pero es muy probable que el agua se recoja en episodios más cortos y violentos. Eso, desgraciadamente, tiene dos consecuencias: por una parte, el incremento de la capacidad destructiva de estos acontecimientos meteorológicos (como

lluvias torrenciales) y, por otra, la incapacidad para usar esta agua en ambientes con escasez. De la misma manera, las sequías se prevén más persistentes y severas, hecho que ya experimentan, por ejemplo, en California, donde en los últimos años las restricciones han sido habituales y el agua, un bien cada vez más escaso.

Justamente en Estados Unidos se preguntaban si las inundaciones de agosto de 2016 constituyen la carta de presentación formal del cambio climático en el territorio norteamericano. «El cambio climático no se anunciará nunca por su nombre. Pero este es el aspecto que deberíamos esperar que tuviese», escribía el periodista Jonah E. Bromwich (2016) en *The New York Times*. El texto estaba acompañado de imágenes de ciudadanos tratando de parar las aguas, protegiendo las casas o moviéndose en barca por calles anegadas. En un país en el que la negación sistemática del cambio climático no es vista como una excentricidad, sino como una postura política legítima y respetada, estas *bofetadas* visuales son sin duda impresionantes. Pero, aunque sepamos que aumentarán a lo largo de las próximas décadas, ¿podemos atribuir realmente un acontecimiento meteorológico extremo en concreto al cambio climático?

A pesar de ser una de las preguntas más complejas de responder, es también una de las que más gente persigue contestar. Uno de los grupos de investigación que trata de dar respuesta es el World Weather Attribution, que, a diferencia de otros análisis, efectúa sus estudios con extraordinaria rapidez. En las inundaciones que sufrieron Francia y Alemania durante la primavera de 2016, que incluso obligaron a poner en un lugar seguro las obras del Louvre en París, encontraron que en comparación con un mundo sin calentamiento las posibilidades de estas lluvias eran un 80 % superiores (van Oldenborgh *et al.*, 2016).

Sin embargo, lo más importante no es señalar enseguida el cambio climático como el responsable de todas las catástrofes meteorológicas que ocurrieron (antes ya había, y hay muchos factores en juego), sino entender que nos conduce, irremediablemente, hacia un escenario donde serán cada vez más frecuentes, y también más destructivas.

Redibujando los mapas del mundo

Muchas veces
he preguntado
por la espesura de la nieve
Masaoka Shiki

En los Juegos Olímpicos de Río de Janeiro, celebrados en el verano de 2016, el público pudo contemplar cómo un atleta bailaba antes de abandonar la pista. Sin embargo, David Katoakau no había ganado ninguna medalla, y había fallado el último ejercicio de halterofilia. ¿Por qué esta danza, por qué incluso toda aquella sonrisa? Porque quería contarnos una historia: que su país, Kiribati, estaba desapareciendo. Y no, no es el único.

De los impactos del cambio climático –y más allá del evidente incremento de las temperaturas–, la subida del nivel del mar es, quizá, el más conocido. Pero ¿sabemos realmente de qué hablamos cuando hablamos de un mar que trepa por la costa? ¿Es preocupante o tan solo es motivo de inquietud para algunas islas minúsculas del Pacífico?

Si me permitís, contestaré antes a la segunda pregunta: quizá os resulte familiar un país llamado Estados Unidos. Allí encontraréis algunos de los primeros pueblos eliminados por el cambio climático, y las primeras comunidades que han tenido que abandonar sus casas. Un ejemplo es Newtok, un pueblecito de menos de 400 habitantes que tendrán que moverse tierra adentro porque el mar se lo engulle. Otro, también en Alaska, es Shishmaref, donde sus habitantes votaron en agosto de 2016 a favor de trasladar el pueblo entero. Y estos son solo los dos primeros ejemplos de lo que, sin duda, irá sucediendo a lo largo de todas las zonas costeras del mundo. Tendremos que dar uno, diez, cien pasos atrás. La tragedia de la que hablaba Katoakau, sin embargo, es más dramática. Si en Kiribati dan diez pasos tierra adentro, vuelven al mar. Y es por eso que el gobierno prevé la desaparición de las islas del archipiélago a partir de 2100, y está comprando tierras en otras islas, como Fiji. La tendencia actual los obliga a hacerlo, porque la subida

prevista es de un metro en menos de un siglo, y Kiribati no tiene prácticamente ninguna área por encima de esta cota.

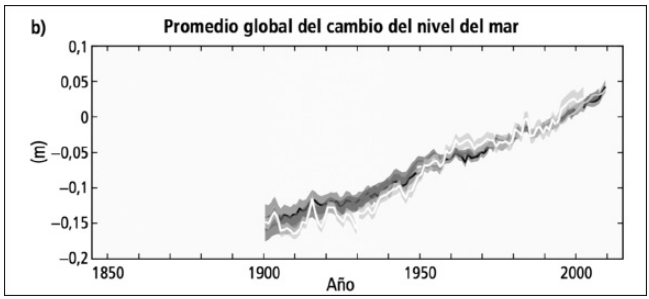

Figura 3.5 Cambio del nivel del mar durante el siglo XX (media mundial) (Informe de síntesis: resumen para responsables de plíticas del IPCC, 2014).

¿Por qué aumenta el nivel del mar? La respuesta más evidente es por el deshielo, pero si hacemos el cálculo, los números no salen. ¿Y entonces? De la misma forma que el mercurio o el alcohol de un termómetro, el agua también se expande si la calentamos. Y según los últimos datos disponibles, el 90 % de todo el calor extra causado por el cambio climático antropogénico es absorbido por los océanos. Gracias a la enorme capacidad de acumular calor por parte del agua y la descomunal masa de los océanos, el calentamiento ha sido relativamente leve hasta el momento, pero esta inercia térmica también implica que se requerirá mucho tiempo para liberar este calor.

La expansión térmica es uno de los motivos por los cuales subirá el nivel del mar en las próximas décadas: aunque no añadiéramos ni un solo mililitro, el nivel subiría igualmente. Pero el caso es que también le estamos añadiendo agua, y no precisamente con cuentagotas.

El deshielo es un fenómeno que está siendo observado por todo el mundo: desde la cima del Kilimanjaro hasta los glaciares de los Pirineos y, muy especialmente, en el Polo Norte. Es una de aquellas diez huellas inequívocas que dejaba el calentamiento global y que ya hemos visto. Y,

mientras que quizá el aspecto más visible del deshielo sean los paisajes de valles descubiertos donde antes solo había nieve y hielo (son muy habituales las fotografías que comparan el antes y el después en los Alpes o en la Patagonia), lo más preocupante es Groenlandia. Esta porción de tierra cubierta casi por completo por una capa helada acumula nieve suficiente para elevar la cota de los océanos entre 6 y 7 metros, hecho que pondría en jaque multitud de zonas costeras de todo el globo. Y aunque actualmente se especula con el hecho de que podemos haber puesto en marcha los procesos que conducirían hacia el deshielo completo de Groenlandia (McMillan e*t al.*, 2016), solo la subida prevista por el ipcc de un metro para 2100 implicaría que centenares de millones de personas se viesen gravemente afectadas (Climate Central, 2014). Hay que considerar, además, que las previsiones del ipcc han demostrado en los últimos años no solo acertar la tendencia, sino ser incluso demasiado optimistas, dado que el mar ha subido más de lo que nos pensábamos. Y eso es una mala noticia, porque cuando los océanos se encaramen por la línea de la costa no solo se comerán el territorio: el agua salada también penetra en los ríos, afecta a la flora y a la fauna y saliniza los acuíferos de donde se saca el agua potable.

Aunque contiene el 90 % del hielo del planeta, es poco probable que veamos o incluso que activemos un deshielo catastrófico en la Antártida; si lo hiciéramos, el mar subiría más de 60 m. Una catástrofe en toda regla que debe hacer que vigilemos atentamente los síntomas que nos indiquen que algo está cambiando, como empieza a adivinarse.

Los glaciares alpinos, pese a la espectacularidad del cambio que los ha convertido en uno de los símbolos del cambio climático, contribuirían relativamente poco (del orden de 10-12 centímetros) al aumento del nivel del mar. Su impacto más importante no es sobre la costa, sino sobre toda aquella gente que depende del deshielo primaveral para garantizarse los cultivos y la disponibilidad de agua potable, como pasa en la cordillera del Himalaya.

Finalmente, hay otro proceso que está añadiendo agua a

los océanos, aunque en cantidades muy inferiores a las mencionadas. Es la explotación de pozos y acuíferos de forma intensiva (es decir, que no deja tiempo para que se recarguen), que está retornando agua al ciclo hidrológico que había estado almacenada durante centenares o miles de años.

Avería en el motor

Algunos oceanógrafos manifiestan –con toda la razón– una cierta preocupación por que el mar es el gran olvidado del cambio climático. Quizá nos interese mucho la subida de su nivel, para ver si nuestra casa de la costa quedaría o no bajo las aguas. Pero el agua salada que cubre más del 70 % del planeta es mucho más que una línea con la capacidad de redibujar los mapas. Es uno de los grandes motores del clima.

El agua varía de densidad según su salinidad (cuanto más sales disueltas más densa, y por eso no nos hundimos en los mares muy salados, como el mar Muerto) y la temperatura (más cálida implica, como hemos visto, expansión del volumen y por tanto una disminución de la densidad). Y el agua viaja también por todo el mundo, enfriándose cuando se acerca a los polos y calentándose según se acerca al ecuador, lo que provoca que se cree una corriente a escala planetaria, conocida como *circulación termohalina*, que depende de la salinidad y la temperatura. Lo que hace esta cinta es, fundamentalmente, transportar energía de los lugares cálidos hasta aquellos más helados, como es el caso de la corriente del golfo, que calienta buena parte de la Europa occidental (comprobad la latitud en el Atlántico norteamericano equivalente a Liverpool: os encontraréis con el riguroso clima de la península del Labrador).

La circulación termohalina no solo redistribuye energía por todo el clima, influyendo en los climas regionales; también provoca que emerjan aguas ricas en nutrientes, que sustentan ecosistemas enteros y algunas de las pesquerías

más abundantes del mundo. Parece evidente que es una pieza clave en el funcionamiento de la biosfera. ¿Qué pasaría si se parara?

Algunas películas de ciencia ficción de los últimos años se han planteado qué sucedería si se parara la rotación terrestre, o si el sol dejara de brillar. Pero bien pocas han mirado a los océanos. Y aunque la incertidumbre es aún muy grande, sabemos que algo estamos trastocando. El deshielo masivo de los polos, especialmente en el del Norte, implica que cada año se viertan millones de toneladas de agua muy fría al océano, mientras que el calentamiento global está haciendo aumentar la temperatura de los primeros 700 metros de la columna de agua. ¿Cómo afectará eso a la cinta transportadora? ¿Causará una avería irreparable en el motor? Se ha especulado (pese a que ahora se ve como poco probable) incluso con un debilitamiento de la corriente del Golfo por el deshielo ártico, que podría enfriar Europa al dejarla sin el extra de energía que le aporta la corriente. Lo que sabemos, sin embargo, es que este no es un motor que se pueda reparar en un par de días en el taller. Si llegara el caso en el que alterásemos de forma drástica la circulación de agua en los océanos, el tiempo para volver a ponerla en marcha se calcula en milenios, no en siglos.

Hubo un momento, en el siglo XIX y a principios del siglo XX, donde Ártico era sinónimo de conquista y aventura. El Polo Norte era aún un territorio por descubrir, inexplorado y donde acechaban maravillas naturales nunca vistas; también un frío terrible y la muerte para muchos de aquellos que se adentraron en él.

Si las previsiones aciertan (y parece que se están cumpliendo más pronto de lo que pensábamos), hacia 2070-2080 podríamos *disfrutar* de un Ártico sin hielo en el verano. Esto inaugurará, es cierto, la posibilidad de explotar sus recursos naturales (yacimientos de combustibles –¡qué contrasentido!– y minerales) y también turísticos, como de hecho ya está pasando. Las tensiones geopolíticas serán sin duda notables cuando se abran nuevas rutas marítimas.

El hielo ártico no solo ocupa menos espacio, sino que además es menos grueso y más nuevo (hay cada vez menos

cantidad de hielo con menos de un año). Y esta disminución de su hábitat natural es lo que está poniendo en peligro a los osos polares, un auténtico símbolo del cambio climático. Sufren con especial gravedad la fragilidad del manto blanco, antaño un territorio salvaje, sólido, seguro.

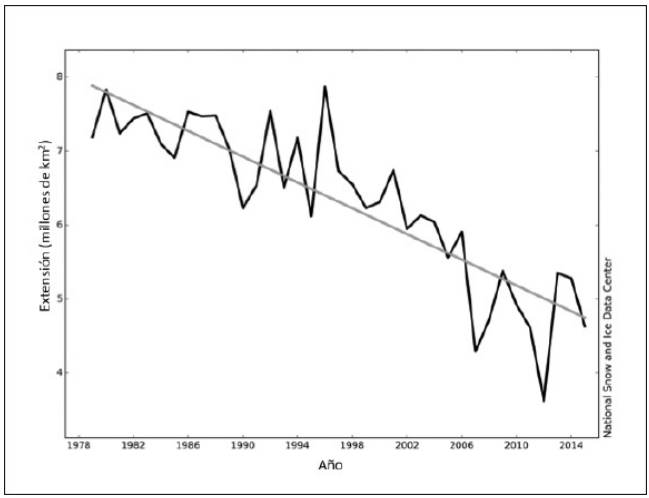

Figura 3.6 Extensión del hielo ártico en millones de km^2 1979-2015 (modificado a partir del original del NSIDC). Reproducido con permiso del National Snow and Ice Data Center via Distributed Active Archive Center.

Una peligrosa explosión de blanco en los océanos

En agosto de 2016, la ecóloga de corales Laurie Raymundo no pudo aguantar más y se puso a llorar, dentro de la máscara, en mitad de una inmersión en la isla de Guam. La historia, que fue compartida por todo el mundo, la recogió el periódico *The Washington Post* (Harvey, 2016), e ilustraba mediante un relato emocionante aquello que es una realidad: los arrecifes de coral están entrando en un declive acelerado.

No toda la culpa es del cambio climático, eso es cierto. La pesca con métodos que destrozan los fondos marinos, el

exceso de capturas, la presión turística y la contaminación, entre otros, también contribuyen al empeoramiento de su estado. Pero es el cambio climático el que está llevando al límite de su resistencia a estos valiosos ecosistemas, que cubren menos del 0,1 % de la superficie de los océanos pero que son uno de sus grandes reservorios de biodiversidad.

En cualquier documental televisivo submarino, los arrecifes de coral aparecen como una explosión de color y vida, donde peces de todas las formas y colores nadan despreocupadamente, y miles de criaturas imposibles te sorprenden en cada secuencia. Lo que está provocando el cambio climático es que esta fotografía pierda el color y se quede en un apagado blanco y negro. ¿Por qué?

Aproximadamente un cuarto de las emisiones de CO_2 que generamos anualmente los humanos va a parar al océano, que actúa como un sumidero. Esto provoca una alteración que, pese al inmenso volumen de agua del cual hablamos, es perfectamente perceptible: los océanos son ahora aproximadamente un 30 % más ácidos que hace ciento cincuenta años. La acidez se expresa mediante el pH, un valor que en los océanos ha pasado de 8,20 a 8,10 (la variación, sin embargo, es tan grande porque la del pH es una escala logarítmica).

El esqueleto de los corales está constituido por carbonato cálcico, un compuesto químico formado por carbono, oxígeno y calcio, cuya fórmula es $CaCO_3$, y que es el componente más abundante del mármol o las cáscaras de los huevos. Al acidificarse el agua del océano, la disponibilidad para los organismos vivos de estos *bloques* con los que fabrican sus cimientos se ve muy limitada, y eso no afecta solo a los corales: prácticamente cualquier especie marina que tenga caparazón se verá alterada en mayor o menor medida. El problema de los corales, sin embargo, se exacerba con el incremento de temperaturas del agua. El color que muestran, de hecho, no es el suyo; corresponde a unos protozoos que viven asociados dentro de las células, llamados zooxantelas. Estos son muy sensibles al estrés ambiental –como un agua más caliente de lo habitual– y, si no pueden soportarlo, abandonan el coral. Es entonces

cuando este se emblanquece, porque se ha quedado sin aquello que le otorgaba el color.

Afortunadamente, si las condiciones mejoran, las zooxantelas pueden volver a la casa que les ofrece el coral, y así se ha visto cuando se han recuperado ecosistemas coralinos y se ha parado la degradación. El problema del cambio climático, sin embargo, es que es una amenaza global y difusa, que no podemos solucionar con una nueva depuradora o la regulación de la pesca en una isla. Y quizá penséis que los arrecifes pueden ir desplazándose a latitudes cada vez más al norte, hacia los polos, y ciertamente lo harían, si no fuera por la característica principal del cambio climático: la rapidez. Los corales no pueden ir tan rápidamente como el calentamiento global. La acidificación de los océanos que se produjo hace 56 millones de años, cuando subieron las temperaturas y la concentración de CO_2 se disparó, fue diez veces más lenta. Hace 252 millones de años, en la extinción del Pérmico-Triásico (que se considera la mayor de toda la historia de la vida), también se liberaron cantidades enormes de CO_2 a la atmósfera, que produjeron la acidificación brusca de los océanos y la muerte masiva de una gran parte de los organismos que dependían del carbonato cálcico. Más del 90 % de las especies marinas (y el 70 % de las terrestres) desaparecieron.

Los arrecifes de coral pueden migrar a una velocidad habitualmente no superior a diez kilómetros por año, pero el calentamiento previsto los obligaría a multiplicar el ritmo por cuatro en la mayor parte del mundo, y desplazarse más de cuarenta kilómetros cada doce meses. Un ritmo que, con una certeza casi absoluta, no conseguirían alcanzar (Hoegh-Gulderg *et al.*, 2014), pese a algunas observaciones en el mar de Japón donde se han registrado sorprendentes velocidades de catorce kilómetros por año (Yamano *et al.*, 2011), y las consiguientes lecturas optimistas (Jones, 2011). ¡Ojalá pudiéramos entrenar a los corales para que se convirtieran en los Usain Bolt de los océanos!

Los impactos del cambio climático en el mar van mucho más allá de la subida de su nivel. Y si no actuamos ahora mismo, el único recuerdo que nos quedará de la grandeza y

de la exuberancia de estas junglas submarinas serán los documentales a la hora de la siesta. Y alguna película de animación digital, claro.

La sexta extinción

Según el registro fósil y los conocimientos actuales, estamos viviendo una extinción masiva y, muy probablemente, la estamos causando nosotros. No es, sin embargo, la primera por la cual pasa la vida en la Tierra. Antes del actual, tenemos constancia de cinco episodios catastróficos en los que una gran parte de las especies (hasta el 95 %) quedaron borradas para siempre de la biosfera.

El cambio climático no es el único responsable; de hecho, ni tan solo es el que ha apretado el gatillo. Desde hace miles de años los humanos hemos provocado la extinción de distintas especies sin ayuda del calentamiento global (Saltré *et al.*, 2016). Desde los mamuts, como hemos visto en las primeras páginas, hasta otros grandes mamíferos (lo que se conoce como *megafauna*), que constituían o bien una comida relativamente fácil de capturar, o bien una amenaza directa, o bien se erigían como competidores a la hora de cazar. El registro fósil muestra una gran sincronía entre la llegada de los humanos a distintos continentes (Australia o América del Sur, por ejemplo) y la extinción de estos animales.

Pero los humanos hemos ido mucho más allá: hemos eliminado o hemos modificado drásticamente los hábitats marinos y terrestres de miles de especies (para cultivo, pesca, pastos o edificaciones e infraestructuras), hemos cazado todo lo que se podía cazar, hemos vertido miles de sustancias tóxicas al medio ambiente, muchas de las cuales eran nuevas para los animales y las plantas, que no han sabido como enfrentarse a ellas. Hemos facilitado la presencia de especies invasoras y también la dispersión de enfermedades, como es el caso del hongo que se piensa que es el responsable primario del declive de las poblaciones de anfibios.

No es mi intención esbozar un panorama apocalíptico; estos hechos son el resultado esperable de la presencia en la Tierra durante milenios de una especie tan singular como la nuestra, y muy especialmente de su reciente aumento poblacional. Sin embargo, hay iniciativas de protección de especies que han tenido éxito, y la biología de la conservación es un campo en constante evolución que, esperemos, podrá ayudarnos a entender y hacer frente a la sexta extinción.

Porque lo que está claro, eso sí, es que cada vez hay más síntomas que alertan sobre el hecho de que estamos viviendo un nuevo episodio de desaparición masiva de especies. Sin embargo, hay que aclarar un par de cosas. La primera, que siempre se están extinguiendo especies –y también apareciendo nuevas–. ¡En eso consiste la evolución! El problema es que ahora la tasa es de cien a mil veces superior a la basal, lo que nos indica que hemos entrado en una nueva fase. La segunda, que una extinción masiva no implica la muerte de todo ser vivo: ¡hemos vivido cinco en los últimos 600 millones de años y aquí estamos! Quizá nos encaminemos hacia un planeta con una biodiversidad empobrecida (y eso es muy preocupante), pero en ningún caso sin vida. Hay millones de especies (pese a la controversia sobre el número exacto, se estima habitualmente entre tres y diez millones) y sobrevivirán también millones.

Lo que representa el cambio climático es un reto doble. Por una parte, la potenciación de todas aquellas amenazas que ya existen sobre la biodiversidad, por la eliminación del hábitat (zonas costeras, corales, ríos secos...), facilitación de la presencia de especies invasoras o la dispersión de enfermedades. Por otra, pone en riesgo directo a las especies que, como nosotros, sufren fisiológicamente las olas de calor y también los fenómenos meteorológicos extremos. Se tienen que aclimatar, con la diferencia de que estas no disponen ni de aire acondicionado, ni de diques para evitar que les entre agua a las madrigueras. Y quizá se encontrarán ante climas que no han existido nunca antes.

En junio de 2016 se certificó la desaparición del único

mamífero endémico de la Gran Barrera de Coral (Gynther *et al.*, 2016). Se trataba de un pequeño roedor que se convirtió, *de facto*, en la primera extinción de un mamífero atribuible al cambio climático antropogénico, a causa de la subida del nivel del mar y a la pérdida de su hábitat que ello comportó. De lo que estamos seguros, sin embargo, es de que no será la última: hasta una de cada seis especies se encuentra directamente amenazada por el cambio climático (Urban, 2015). Y mientras dure el proceso, también asistiremos a las migraciones de animales y plantas para encontrar nuevos hábitats donde vivir. El caso de las aves, que son las primeras en poder escapar si empeoran las circunstancias, es paradigmático. En España ya se han detectado unas cuantas especies, como el vencejo cafre (*Apus caffer*), que han dado ya el salto de África a la península Ibérica, buscando unas condiciones de confort que se están perdiendo en su área de origen.

La lucha por no perder el verde

La vertiente más aterradora del cambio climático va de umbrales más que de cambios progresivos, como hemos visto a lo largo de estas páginas. Una vez sobrepasamos uno de estos umbrales y superamos la resiliencia del sistema, lo obligamos a trasladarse a un nuevo estado de equilibrio. Hay umbrales por toda la biosfera (por ejemplo, el pH de los océanos), pero uno de los interruptores más importante es, sin duda, el de la cubierta forestal. Los árboles no siguen una progresión lineal, y hay unas condiciones a partir de las cuales ya no pueden desarrollarse. Por ejemplo, en la cuenca mediterránea es complicado que se formen bosques con una precipitación media de menos de 400 l/m^2 al año. Si tenemos árboles y llueve menos, es posible que aguanten, aunque las circunstancias empeoren; pueden acabar conformando aquello que se conoce como un *bosque relicto*, es decir, aquel que no le tocaría estar allí pero, sin embargo, pervive. Pero es más fácil resistir con una estructura (el bosque) ya creada que construirla de nuevo: será muy difícil

que en condiciones de un elevado estrés hídrico vuelva a crecer la misma vegetación después de un incendio, pongamos por caso.

Como en el caso de las extinciones, el cambio climático no es la única amenaza para los ecosistemas forestales. La deforestación ha eliminado enormes superficies de hábitat que ya no volverán. El calentamiento global, por el contrario, obliga a las plantas a adaptarse de una forma diferente. Tanto el aumento de temperaturas como una mayor irregularidad en las precipitaciones son retos biológicos a los que es complicado hacer frente sin comprometer la viabilidad del ecosistema. Los bosques húmedos amazónicos, por ejemplo, podrían cambiar abruptamente a ecosistemas adaptados a una mayor sequía y al fuego. Este cambio, además, ejercería también de ciclo de retroalimentación positivo, ya que podría hacer pasar al bosque de su papel actual como sumidero de carbono (captura CO_2 y mitiga por lo tanto el calentamiento) a emisor limpio (con lo que se añadiría más leña al fuego, nunca mejor dicho).

Además, en muchos montes, la degradación va acompañada casi siempre de una vulnerabilidad mayor al fuego. Los pavorosos incendios de Indonesia de 2015 generaron en septiembre de aquel año unas emisiones diarias de CO_2 superiores a las de la economía de Estados Unidos (Harris e*t al.*, 2015). No solo se pierde un ecosistema valiosísimo y con una biodiversidad única, sino que la función de captura del carbono queda anulada y hay un giro brusco que convierte el bosque en un problema, en lugar de una solución.

¿Habrá más incendios con el cambio climático? Todo parece indicar que, en la mayoría de los ecosistemas boscosos, la respuesta es afirmativa. De lo que se trata ahora, y en eso se están invirtiendo muchos esfuerzos, es de entender cuáles son los umbrales de los montes, y a la vez cómo podemos gestionarlos para mantener la salud ecosistémica. La incertidumbre en este campo (y los factores que intervienen en él) es aún demasiado elevada para responder (Trumbore *et al.*, 2016). Pero más nos vale

ponernos las pilas, porque un bosque es mucho más que madera, puesto que proporciona una serie de servicios (recarga de acuíferos, hábitat para muchas especies, frutos vegetales, caza, regulación térmica o freno a la erosión) que los humanos, hoy por hoy, somos incapaces de proveer.

Si uno lee las monumentales *Observaciones sobre la historia natural, geografía, agricultura, población y frutos del Reyno de Valencia* de Antoni Josep Cavanilles, verá que hay numerosas menciones de las marjales, pero muy pocas veces se refiere a ellas en términos positivos. Las considera «inútiles», «pestilenciales» y «corruptas», y tan solo ve su utilidad en tanto que se puedan hacer «nuevas conquistas en partes no cultivadas». La verdad, sin embargo, es que Cavanilles, un botánico excepcional que vivió a caballo entre los siglos XVIII y XIX, tenía –igual que sus coetáneos– buenos motivos para no valorar muy bien los humedales: constituían territorios con una prevalencia muy alta de enfermedades relacionadas con los mosquitos (como el paludismo), eran difíciles de labrar y un obstáculo para la comunicación costera. Se señalaban, básicamente, como un páramo peligroso, y aún más a los ojos de un sector ilustrado que quería modernizar el país mediante la ingeniería hidráulica.

Hoy, en cambio, se mira a las marjales sin menosprecio ni asco, pero de reojo, con cierto temor. Podemos almacenar mucho carbono –y hacerlo además durante periodos de tiempo prolongados–, pero justamente por eso también pueden liberarlo de forma repentina. El calentamiento global está socavando la resiliencia de estos ecosistemas, y eso los hace más vulnerables a los incendios, especialmente los de las latitudes boreales (pero también en territorios como Indonesia, que ya hemos mencionado). Al secarse por el aumento de la temperatura, el oxígeno puede penetrar mejor entre las raíces y potenciar el crecimiento vegetal, que a su vez implica más biomasa y más desecamiento del suelo. Cuando se queman, son menos resistentes al fuego: están más secos y tienen más combustible para ser quemados.

Si las turberas emitieran todo lo que han acumulado durante milenios, la concentración atmosférica de GEI

aumentaría de forma drástica, y este es uno de los grandes temores de los climatólogos. Pero este no es el único problema del cambio climático con las marjales. La mayor parte, zonas costeras, son áreas extremadamente productivas que, además, hacen funciones de filtraje de agua y de freno de la intrusión marina. Si el cambio climático potencia la degradación (que en muchos casos ya está en marcha por otras amenazas), muchas comunidades que viven cerca perderán no solo el alimento y el paisaje sino también la protección que les ofrecen.

La desertificación es la pérdida de capacidad productiva del suelo a causa de su degradación. Eso puede suceder por episodios de contaminación (habitualmente por vertidos incontrolados), salinización (por malas prácticas agrícolas o sobreexplotación de pozos) o también por procesos erosivos. España es el país de la Unión Europea con más riesgo de desertificación: casi un 20 % de su territorio se encuentra afectado por esta. Los procesos antes descritos, especialmente los incendios combinados con fenómenos meteorológicos extremos (como lluvias torrenciales), pueden conducir a una pérdida del suelo fértil. Y ello no solo tiene efectos en la naturaleza; también repercutirá en nuestro plato.

Un futuro difícil de cultivar

La agricultura ha sido, durante toda su historia, una actividad adaptativa. Los humanos hemos llevado plantas a territorios que les eran desconocidos, seleccionando las variedades que a nosotros, y únicamente a nosotros, nos servían, sin preocuparnos por la biodiversidad circundante. Poco a poco, la agricultura se extendió por el globo, y en las últimas décadas se ha intensificado de forma notable. ¿Es posible que estemos ante un gigante con pies de barro?

Algunos cultivos comienzan a emitir señales de alerta. El café, por ejemplo, podría disminuir a la mitad su producción hacia 2050 (The Climate Institute, 2016). No es un cultivo básico para la supervivencia humana (aunque quizá por la

mañana temprano lo veáis de forma distinta), pero los efectos de un hundimiento como el previsto conllevarán sin duda una sacudida económica a escala global. Como lo será también la modificación de las zonas vitivinícolas: aunque el futuro es aún incierto, ya hay pruebas desde el siglo XV de cómo la climatología –y en especial la temperatura– afecta a la vendimia. Se prevé que algunas de las denominaciones de origen más emblemáticas tengan que ir trasladándose gradualmente hacia zonas con un clima más benigno, y en el proceso de hacerlo tendrán que luchar también por mantener su identidad y características organolépticas (Nicholas, 2015).

Es difícil pensar que no trataremos de buscar desesperadamente o crearemos nuevos cultivos básicos que puedan adaptarse a las condiciones cambiantes que pronostican los escenarios del ipcc. En eso soy optimista, pero la tarea no será en ningún caso sencilla. Las reducciones de rendimientos proyectados son especialmente preocupantes para cultivos clave en la alimentación y la economía mundiales, como la soja o el maíz, y eso solo considerando el aumento de las temperaturas; el resto de impactos –como la sequía y la desertificación– contribuirán a socavar aún más la cosecha.

Sin embargo, el cambio climático presentaba, en teoría, dos efectos positivos sobre los cultivos a gran escala: en primer lugar, algunas zonas que ahora se consideran como no aptas para ser labradas podrían pasar a serlo. En segundo lugar, en algunas otras áreas (fundamentalmente en latitudes templadas), un calentamiento moderado que oscile entre 1 y 2 ºC podría ser beneficioso para el crecimiento vegetal.

Pero en 2014 se publicó en la revista científica *Nature* un estudio que desmontaba parte de estos mitos (Myers *et al.*, 2014). El título, «El aumento de CO_2 amenaza la nutrición humana», era bien explícito, y es que nutrirse no es lo mismo que comer. Por mucho que un vegetal crezca más en una atmósfera más rica en CO_2, una correcta alimentación va más allá de las calorías ingeridas. El estudio presentaba la evidencia experimental de una disminución de algunos oligoelementos, como el cinc o el hierro, en cultivos de los

cuales dependen millones de personas.

Y mientras que tú y yo podemos comprar complementos vitamínicos o –mejor aún– optar por una dieta rica y variada, hay millones de personas que dependen de unos pocos cultivos para su supervivencia.

La grieta climática

En la escuela tenía una profesora de historia, Teresa, que cuando explicaba algún acontecimiento histórico calamitoso siempre concluía con un «¡A pagarlo, poca ropa!». Cuando se explique el cambio climático de aquí a unos cuantos siglos, estoy seguro de que habrá otros maestros que dirán algo muy parecido. Porque, desgraciadamente, el peso recae sobre los más débiles de nuevo.

La pobreza –más aún considerada a escala mundial– es una dolencia persistente, que siempre encuentra la forma de agarrarse a los tobillos de quienes más quieren huir de ella. Aunque se ofrecen sistemáticamente datos esperanzadores que nos indican que los índices de pobreza se reducen (no sin críticas metodológicas), no es menos cierto que miles de millones de personas viven en un equilibrio peligroso entre la precariedad y la pobreza extrema. El cambio climático puede ejercer de viento funesto, que empuja hacia uno de los dos lados; ya podemos imaginarnos hacia cuál.

Se prevé que la disponibilidad de alimentos disminuirá en zonas que ahora ya sufren episodios de hambre de forma cíclica, desde el África subsahariana hasta pastos en América del Sur o en grandes áreas de Asia. Los cambios de circulación oceánica, además, pueden provocar un descenso de los recursos pesqueros. Con casi mil millones de personas en riesgo de desnutrición en el mundo, un acceso más difícil al agua y unas cosechas más escasas y menos nutritivas, la brecha de la desigualdad, si no hacemos nada para evitarlo, no hará más que aumentar durante los próximos años. Y de eso se derivan tensiones entre países y conflictos por los recursos y por el territorio, no ya por el dinero. ¿Qué pasará

cuando no se pueda ni trabajar por el estrés térmico en Etiopía o en Afganistán? ¿Qué pasará si se secan algunos ríos que regaban los únicos cultivos en kilómetros? ¿Qué pasará cuando desaparezcan los glaciares que aseguran una reserva de agua primaveral en tantos lugares?

Ya hay, de hecho, autores que hablan de «guerras climáticas», como el sociólogo Harald Welzer, y de lo que eso comportará: refugiados climáticos. ¿Es posible evitar este futuro más propio de una novela distópica de ciencia ficción que de un siglo XXI en el que tenemos al alcance de la mano poner fin a la pobreza en el mundo?

Un escalofrío cósmico

Ya conocemos los efectos que tienen las variaciones en la órbita y la rotación del planeta sobre el clima. El detalle con el que somos capaces de medir los movimientos que ejecuta la Tierra en el espacio interestelar es cada vez más grande, y nos ha dado algunas sorpresas: la más notable, que también estamos trastocando el eje del planeta. ¿Es eso posible?

Cambiar la fisonomía de una porción de tierra es una cosa concebible. Modificar los patrones climáticos globales, también. Pero alterar la forma como se mueve y gira el globo terráqueo es harina de otro costal. El caso, sin embargo, es que también lo hemos conseguido. Con el deshielo polar, especialmente el caso de Groenlandia, una gran cantidad de nieve y hielo ha cambiado de ubicación. Y por «una gran cantidad» hablamos de unos 270.000.000.000 de toneladas por año (no, no me he equivocado con los ceros). Con satélites específicos, la nasa ha podido medir los efectos que tiene esto sobre el balance de masas del planeta (Adhikari e Irvins, 2016) y la situación del Polo Norte. Mientras que hace unos años se movía a un ritmo de siete a ocho centímetros hacia Canadá, ahora se dirige hacia Reino Unido a una velocidad de dieciséis a dieciocho centímetros anuales.

Pero no solo hemos cambiado los polos del planeta. Hay

un impacto del cambio climático aún más sorprendente: ¡ha provocado la bajada del nivel del mar en algunas zonas costeras!

Aunque parezca una contradicción absoluta, es un proceso que era relativamente previsible, y que algunos científicos esperaban desde hacía tiempo (Mooney, 2016). En las áreas en las que se está perdiendo mucho hielo (volvemos a Groenlandia), el continente está adelgazándose. Y, al perder masa, también disminuye la atracción gravitatoria con la que el continente atrae a los océanos. Y estos, casi imperceptiblemente, se alejan. Las medidas, también tomadas por satélites de la nasa, nos hablan de una bajada de un máximo de cincuenta milímetros.

Es evidente que, al menos de momento, estos cambios a gran escala no representan una nueva amenaza ni para nosotros ni para la mayor parte de la biosfera. Pero nos ofrecen, sin embargo, una panorámica impactante: en medio de la noche cósmica, hemos provocado un escalofrío bien visible en nuestro planeta. ¿Qué mejor imagen para darnos cuenta de hasta qué punto estamos modificando nuestra casa? ¿Qué mejor aviso para entender que la magnitud y realidad del cambio ya no es despreciable en ningún rincón terrestre, por alejado que esté de un tubo de escape?

4
EL RELOJ IMPLACABLE

A la naturaleza le da igual lo intensamente que lo intentemos. A la naturaleza solo le importa cómo se elevan las partes por millón. Esto está desbocándose.

Jeffrey D. Sachs

Si se destruye la biosfera, los responsables serán personas agradables, bienintencionadas y cosmopolitas que acepten el hecho de que deben reducirse las emisiones, pero no están dispuestas a cambiar ni un poco su forma de vida.

George Monbiot, 2006, *Heat* (‘*Calor*’)

Hay demasiadas buenas razones por las que nosotros los humanos nos resistimos a los numerosos y tristes hechos de la disrupción global, de la locura global. Finalmente, se reduce a una pregunta: ¿por qué preocuparnos? Esta única pregunta revela un hecho simple: los obstáculos más fundamentales a la hora de evitar la peligrosa disrupción climática no son principalmente físicos o tecnológicos o institucionales; tienen que ver con cómo alineamos nuestro pensamiento y nuestros actos con nuestro ser.

Espen Stoknes, 2015

What we think about when we try not to think about global warming?
(‘*¿En qué pensamos cuando tratamos de no pensar en el calentamiento global?*’)

Lo que hay en las páginas que preceden a esta no es ningún secreto de estado, y si bien es cierto que condensa los saberes más actuales que tenemos sobre el cambio climático, los mecanismos y las fuerzas que interactúan en él se conocen desde hace décadas. Sabemos que es real, que lo causamos nosotros, que es distinto de cualquier cambio pretérito y que, además, los impactos previsibles son auténticamente catastróficos. Sabemos, en definitiva, que no hacer nada por detener el calentamiento hará de nuestro mundo un lugar peor. Y entonces, ¿por qué diablos no hemos actuado con contundencia hace ya años?

No hay una única respuesta a esta pregunta, que es sin duda una de las más inquietantes de toda la problemática del calentamiento global. No podemos culpar a un malo de Hollywood, de aquellos que urden un maléfico plan y son responsables de todos los males. Pero podemos, sin embargo, tratar de averiguar qué ha fallado para hacerlo mejor a partir de ahora.

Un cerebro que se nos ha quedado antiguo

Tengo la suerte de tener buenos reflejos, y eso ha evitado que se me rompieran no pocos platos y copas en mi vida, o incluso cruzar un paso de cebra cuando no tocaba (¡uf!). También, sin embargo, me provocó algunas burlas en la escuela, porque –involuntariamente– me cubría la cabeza o la cara con la sombra de un pájaro o con el lanzamiento de una bola de papel. Pensaba que mi cerebro tenía algo roto en su interior hasta que Paco, el maestro de ciencias naturales, me explicó que no, que aquella rapidez y aquellas reacciones sin pensar eran normales y eran responsables, en última instancia, de parte del éxito evolutivo de los humanos.

En un abrir y cerrar de ojos, nuestra especie ha pasado de ser una más en la sabana africana a dominar el planeta.

Donde antes había preocupación por comer día a día, ahora hay múltiples quebraderos de cabeza en el presente, y una inquietud permanente por el futuro, desde los hijos hasta el trabajo, pasando por el plan de pensiones o la salud. Nuestro cerebro, sin embargo, ha permanecido intacto, y aunque ha demostrado una plasticidad increíble a la hora de adaptarse a nuevas circunstancias, hábitats y relaciones sociales, sus engranajes son los mismos que hace treinta mil años. Por eso me apartaba cuando veía la sombra de una golondrina en el patio de la escuela: mi cerebro, programado para evitar amenazas, no sabía si eso era una falsa alarma o un depredador escondido en la sabana. Vale más prevenir que curar, dicen.

Pero los efectos de cargar sobre los hombros un cerebro así no son únicamente los reflejos involuntarios. Pensad en la obesidad o en el tabaco, por ejemplo. Sabemos que tener un cierto sobrepeso o ser fumador nos otorga muchas más posibilidades de sufrir cáncer, cardiopatías y otras enfermedades a largo plazo. Visto desde un punto de vista estrictamente racional, no tiene ningún sentido fumar o comer más de la cuenta (más aún si consideramos el ahorro económico), pero el caso es que hay millones de personas que lo hacen. ¿Por qué? Porque su cerebro no está diseñado para valorar y entender correctamente los riesgos a largo plazo. Entre un placer en el presente (un helado o un cigarro) y las posibles consecuencias inciertas de aquí a treinta años (entra en acción el autoengaño: «¿Quién dice que me afectará? ¡Conozco a gente que ha fumado hasta los noventa y está sanísima!»), nuestro cerebro escoge, sin dudarlo, el placer: tenemos un sesgo claro hacia la gratificación instantánea. En el caso de la comida, además, tenemos un motivo adicional para hacerlo. En la sabana no había disponibilidad de alimento siempre que teníamos hambre, y por tanto era recomendable empacharse tanto como pudiéramos, si había abundancia en un determinado momento, porque nunca sabíamos cuánto tiempo estaríamos sin poder repetirlo.

De la misma manera, el cambio climático presenta una elección que nuestro cerebro es incapaz de solucionar correctamente. Tiene que asumir pérdidas personales a corto

plazo para asegurar ganancias colectivas inciertas en un futuro lejano. Todos podemos estar de acuerdo con el hecho de que hay que hacer algo, pero... ¿y si lo hago solo yo y no mis vecinos? ¿De qué servirá?

Esta resistencia a actuar por la desconfianza mutua enlaza con lo que se conoce como la *tragedia de los bienes comunes*, que popularizó el ecólogo Garret Hardin en 1968, en un momento de gran preocupación por la superpoblación. Básicamente, lo que nos dice es que distintos individuos, actuando de forma racional y movidos por el interés personal, acabarán agotando un recurso común y limitado, aunque a ninguno de ellos les convenga que eso suceda. El clima global es aquí el bien común más preciado que tenemos, ya que de él depende la vida en el planeta. No le pertenece a nadie y, obviamente, a nadie le conviene que cambie y se encamine hacia la inhabitabilidad, pero todos continuamos explotando los recursos que nos afectan de forma nada sostenible.

Incluso asumiendo que nos llegue a preocupar de verdad, el cambio climático será solo una más de las inquietudes de aquello que en psicología se denomina la *piscina finita de las preocupaciones* (Center for Research on Environmental Decision, 2009). El concepto, que proviene del mundo anglosajón, explicita que los humanos no nos podemos preocupar por demasiadas cosas a la vez, y que tenemos un espacio limitado de asuntos con los que podemos enfrentarnos a diario. Eso explica que algunas guerras solo sean portada cuando hay sucesos excepcionales y terroríficos, o que el hambre en el África subsahariana solo salte a las portadas cuando se supera, tristemente, un umbral de muertos. Nos preocupamos un día, o dos, pero enseguida hay otros asuntos que captan nuestra atención y, además, solemos tener demasiadas cosas en nuestro quehacer cotidiano que nos causan angustia, miedo o inquietud. Apelar constantemente a la extinción de las especies, los pobrecitos osos polares o la catástrofe que se acerca al final cansa. Es humano, es comprensible y no es un factor que podamos descuidar a la hora de evaluar en qué hemos fallado. Quien quizá lo definió mejor fue, como en tantas otras ocasiones, Quino en una tira cómica de Mafalda.

Figura 4.1 ©Quino.

No hemos entendido el problema

Cuando escribía este libro hice, a modo de experimento, algunas encuestas en una red social, Twitter, y hay un par de ellas que me gustaría destacar. Vaya por delante que, obviamente, no tienen ninguna validez científica o estadística, pero resultan muy significativas. En primer lugar, porque afortunadamente respondió una gran cantidad de gente (cerca de mil personas en cada una), y en segundo, porque ofrecen muchas pistas sobre qué estamos haciendo mal.

En la primera preguntaba: «¿Crees que hay relación entre el agujero de la capa de ozono y el cambio climático?». Los resultados los podéis ver en la figura 4.2.

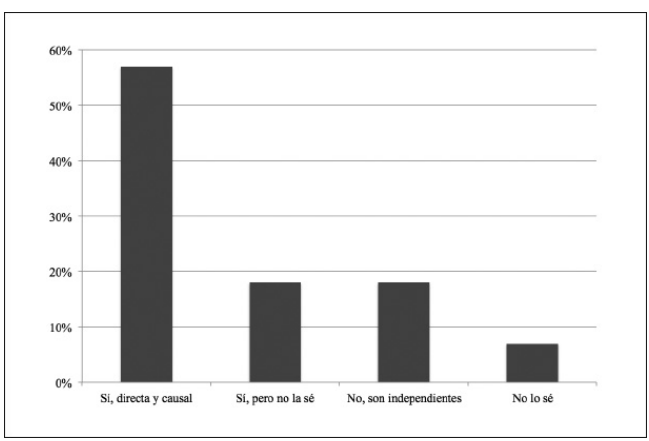

Figura 4.2 Resultados para la encuesta realizada en Twitter el día 8/6/2016 (respuestas = 1.039). <https://twitter.com/AndreuEscriva/status/740474248087633920>.

Mucha gente se mostró atónita cuando, en el debate posterior, comenté los resultados y remarqué que un 75 % de los que habían contestado tenían una percepción muy equivocada de las causas del cambio climático. Lo sorprendente –o no tanto– es que estaban en total consonancia con los estudios (mucho más rigurosos, ni qué decir tiene, que una encuesta en Twitter) que se han realizado en la sociedad española (Meira, 2013), donde un 74,5 % respondían que era o bien «totalmente verdadero» o bien «probablemente verdadero» que el cambio climático es una consecuencia de la capa de ozono. Tan solo un 3,5 % se mostraban seguros de que aquella era una afirmación completamente falsa, que es como decir que menos de 4 de cada 100 personas entienden los fundamentos del cambio climático correctamente. En un estudio de 2010 del Centro de Investigaciones Sociológicas (2010) sobre medio ambiente los resultados también iban en la misma línea: el 59,4 % respondían que consideraban «totalmente verdadero» o «probablemente verdadero» que el cambio climático se debía a un «agujero en la atmósfera».

En la segunda encuesta (<https://twitter.com/AndreuEscriva/status/765610374745952256>) en Twitter preguntaba sobre de qué tendría que tratar un libro de cambio climático para que les interesara. La premisa, que puede parecer un poco pesimista, responde al bajo interés y preocupación que muestran los españoles sobre el calentamiento global, y en especial a la falta de materiales divulgativos sobre el tema. La mayor parte de los que respondieron (864 personas) optaron por «Soluciones por adoptar» (45 %) antes que por «Impactos y previsiones» (23 %), «Explicarlo con detalle» (19 %) y «Ética y desigualdad» (13 %). Es decir, más que un interés real por el cambio climático, lo que hay es la demanda de líneas claras de actuación para frenar los impactos.

Pero la pregunta emerge, incómoda: ¿podemos enfrentarnos a un problema del que desconocemos sus bases? ¿Somos capaces de adaptarnos si nos falta información? ¿No es entender el problema la mejor vía para comenzar a buscar soluciones?

En qué medida contribuye el conocimiento a la acción y a la concienciación sobre el cambio climático es un debate todavía abierto. En un estudio de 2012, dirigido por el científico social Dan M. Kahan (2012), se afirma que la identidad cultural y la ideología determinan mejor las creencias frente al cambio climático que la información de la que se dispone. Esto es, podemos conocer los hechos, pero eso no es siempre suficiente para actuar en consecuencia, menos aún en determinados países, donde los asuntos ambientales –y de forma muy especial, el calentamiento global– son ya una cuestión partidista, alejada del consenso y la transversalidad. Sin embargo, también hay estudios que refuerzan la premisa de que «hay una función positiva del conocimiento en las creencias del público sobre el cambio climático, y es probable que puedan tener un rol significativo y constructivo en el discurso del cambio climático» (Guy *et al.*, 2012). Y es esta parte la que es verdaderamente útil: el conocimiento solo puede ayudarnos, nunca empeorar. Quizá no es suficiente, quizá ni tan solo es la clave en determinadas circunstancias, pero sin duda es parte de la solución, siempre.

El agujero educativo

Prácticamente a ninguna persona con capacidad de tomar decisiones en el mundo empresarial o político se le ha explicado el cambio climático en la escuela o en el instituto. Todo lo que saben sobre el tema lo han aprendido de los medios de comunicación, por campañas de organizaciones ecologistas o por un interés puramente personal. En España solo los menores de 35 (y no todos) han recibido alguna lección sobre el calentamiento global. Pero ni tan siquiera eso implica que tengan unos conocimientos sólidos sobre la materia. En primer lugar, porque los profesores, por entusiastas y capaces que sean, tampoco están preparados para ello.

Según un artículo de 2016 de la revista *Science*, oportunamente titulado «Confusión climática entre los

profesores de Estados Unidos» (Plutzer *et al.*, 2016), se detectaban dos problemas principales: la poca preparación de los maestros en el tema y los libros de texto desfasados. Comenzando porque a ellos nadie les ha explicado el cambio climático, muchos profesores (en torno al 30 %) tenían ideas erróneas sobre el cambio climático, e incluso uno de cada diez lo negaba. Además, les faltan recursos educativos, entre ellos los libros actualizados, ya que con los que trabajan van siempre por detrás de los últimos descubrimientos.

Sesgos que nos ocultan la realidad

Un sesgo cognitivo es aquello que hace que alteremos nuestro juicio respecto a un asunto, por medio de prejuicios, falsedades o una perspectiva que distorsione la realidad. Hay de muchos tipos, y su importancia es notable en una serie de temas económicos, sociales y culturales, pero también en aquellas decisiones más banales del día a día.

Por ejemplo, tendemos a dar más importancia a aquello que encaja con nuestras ideas preconcebidas sobre un tema. De esta manera, este sesgo hará que alguien que niega el cambio climático magnifique la importancia de una nevada tardía en la primavera, o que un activista climático exagere las implicaciones de un récord de calor en mayo, separando más aún ambas posturas. Su naturaleza amorfa, como la califica el especialista en comunicación del cambio climático George Marshall (2016), hace que podamos adaptarlo sin demasiados problemas a nuestras concepciones previas, lo que facilita la negación y, a la vez, la aparición de sesgos cognitivos, como el de confirmación. Preferimos creer aquello que deseamos que sea real, y posponer cualquier acción que no nos apetezca y se vea amenazada por una realidad que no nos gusta.

Una aproximación provocadora de la psicología del cambio climático postula que estamos viviendo las conocidas como las cinco etapas del duelo (Hetherman, 2016): negación, ira, negociación, depresión y aceptación. Esta sucesión de estados de ánimo está provocada por cuestiones

que nos afectan fundamentalmente en el ámbito personal –y su aplicación a escala colectiva es controvertida–, pero es innegable que, al menos, estamos reproduciendo alguno de los patrones de las cinco etapas, desde la negación temprana, pasando por la negociación (¿qué son si no las cumbres internacionales?) o la depresión a la que se enfrenta todo aquel que se zambulle en informes y datos. Sin embargo, y si verdaderamente la humanidad –o parte de esta– se encuentra de duelo por el cambio climático, es un estado que no solo no nos ayuda, sino que empeora la situación: no nos podemos permitir llegar a la etapa final, la aceptación, porque la resignación no es una opción.

No hemos sabido hablar del problema

Entre 2005 y 2007 se abrió una ventana en el debate sobre el cambio climático: con el cuarto informe del ipcc a punto de ser publicado, la gira mundial del exvicepresidente de EE. UU. Al Gore y su «verdad incómoda», y un aumento repentino de noticias sobre el calentamiento global, parecía que estábamos en el buen camino para situar la cuestión, definitivamente, sobre la mesa. Pero llegó la decepción de Copenhague, a la que hay que sumar la crisis económica mundial y el cambio climático pasó de la sección de Internacional y Sociedad a la previsión del tiempo, convertido en una anécdota recurrente sobre el calor que hacía en el verano o cómo de vacíos estaban los pantanos.

Una investigación (Domínguez e*t al.*, 2016) del Observatorio de las Dos Culturas de la Universitat de València ha constatado este descenso de artículos de opinión –un buen termómetro social– en el caso español, que si bien no se da por igual, sí que es extraordinariamente acusado en algunos periódicos en los dos periodos analizados, 2007 y 2014 (años de publicación del cuarto y quinto informe del ipcc, respectivamente). El autor principal del estudio, Martí Domínguez, afirma que de la polarización existente en 2007 «se ha pasado prácticamente a un silencio sobre el tema en los géneros de opinión de *abc* y *El Mundo*, y una importante

disminución en *El País*, como si se tratara de un tema agotado». Este descenso informativo también se ha constatado en otros estudios, como el de Lopera y Moreno (2014), y, de forma muy gráfica, en el trabajo de Fernández-Reyes (2016), quien ha elaborado un gráfico actualizado hasta julio de 2016 en el que se aprecia con claridad el efecto de la cumbre de París, pero sin llegar al volumen de noticias sostenido de 2007-2010.

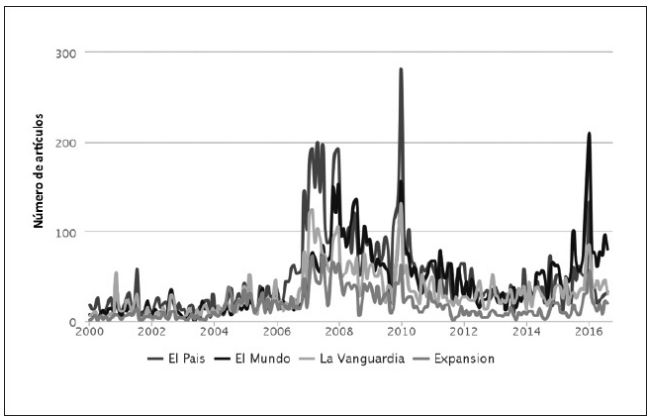

Figura 4.3 Cobertura del cambio climático en España 2000-2016.

Más allá de la cantidad de artículos –e incluso de su adscripción a periódicos de distintas tendencias– sobrevuela también la pregunta de si el periodismo está acertando con la comunicación del cambio climático. Para nuestro amigo Stefan Rahmstorf, el de la pesadilla del prólogo, hay grandes periodistas científicos, pero también prácticas más que cuestionables. Como dice en un artículo de 2012 (Rahmstorf, 2012), el hecho de dar demasiada repercusión a las voces *escépticas* acaba proyectando la falsa imagen de que ambas tienen la misma autoridad y conocimiento. Lo que es una práctica deseable en muchos asuntos (exponer las opiniones de la visión contraria y no quedarse con la que simpatizamos) ofrece al público una imagen distorsionada. Rahmstorf incluso cita a un periodista norteamericano que dice que, en EE. UU., no le permitirían publicar un artículo sin citar a un *escéptico*, aunque el mismo periodista sepa que este está equivocado.

La terminología utilizada es también relevante. Para una parte del público, no es lo mismo decir «calentamiento global» que «cambio climático»; sin embargo, lo que no hemos acabado de dilucidar es qué término es el mejor para movilizar a la sociedad. En un informe de 2014 de la Universidad de Yale, los resultados indican que «calentamiento global» provoca una respuesta más emocional y se asocia con un mayor conocimiento de la problemática (Yale Program on Climate Change Communication, 2014).

La confianza nos ha dejado ciegos

El pensamiento mágico se define como aquella forma de pensamiento que, basada en supuestos erróneos o no justificados, genera opiniones y creencias sin ninguna clase de fundamento empírico. Los humanos tendemos mucho a pensar de esta manera, más aún cuando interviene la tecnología. Después de milenios, y muy especialmente las últimas décadas, en las que la tecnología ha progresado de una forma espectacular, es normal que le tengamos fe. Después de todo, ¿no hemos conseguido coches cada vez más eficientes y paneles solares más baratos? ¿No es cierto que hemos solucionado la amenaza del agujero de la capa de ozono y la lluvia ácida? ¿No hemos salvaguardado centenares de especies de la extinción y hemos creado reservas para garantizar su futuro?

El supuesto erróneo es que, como hemos podido enfrentarnos a todo eso, también podremos superar el cambio climático, en un ejemplo paradigmático del sesgo de optimismo. «Ya inventarán alguna cosa» es una frase que podría ser extraída de cualquier conversación informal sobre el cambio climático, pero que se oye también en las universidades. Y la verdad, hemos sido tan extraordinariamente buenos haciendo algunas cosas que cuesta mucho convencer de que, efectivamente, esta vez sí que viene el lobo. Ahora no se trata de una cuestión tecnológica puntual, de la no-fabricación de una sustancia

determinada, de elevar los estándares ambientales de las fábricas y oficinas. Ahora la cosa va mucho más allá y, como nos afectará en todos los ámbitos del día a día queramos o no, empleamos todas las estrategias posibles para obviar el problema, aunque sea de forma inconsciente. La realidad, decía el escritor de ciencia ficción Philip K. Dick, es aquello que continúa existiendo aunque dejes de creer en ello.

CONSENSO, ¿QUÉ CONSENSO?

La pregunta que se nos platea ahora es más que pertinente: si está todo tan claro, si hay tantas pruebas de que está sucediendo, si además es peligroso para nosotros y las especies con las que compartimos el planeta, ¿por qué continúa habiendo gente que duda sobre la existencia del cambio climático? Una cosa es que nos cueste actuar, pero... ¿dudarlo?

Mucha gente se sorprende y ridiculiza a aquellos que se conocen como «negacionistas climáticos», esto es, los que no se creen que el cambio climático sea una realidad tangible y medible. A pesar de que algunos –debe admitirse– son proclives a la parodia, el escepticismo científico es siempre una herramienta útil y necesaria. Y no, tampoco todos aquellos que no se creen el calentamiento global son como el magnate y presidente republicano de EE. UU., Donald Trump, que se ha pasado años diciendo que todo es un complot del gobierno chino y científicos poco patrióticos. El ecosistema *negacionista* es diverso y, lo que es aún más importante, podemos aprender mucho de él.

Visto en perspectiva, y sabiendo lo que sabemos ahora, resulta fácil desacreditar a muchos de los que han dudado que el calentamiento fuera real. El caso, sin embargo, es que tendríamos que ser capaces de diferenciar entre los que lo hicieron por falta de pruebas, porque en su disciplina aún no había evidencias, porque era todo un reto aceptar que estábamos cambiando algo tan enorme como el clima de un planeta entero..., y los que querían aprovecharse (política,

académica o económicamente) de la negación reiterada.

Cuando en 1981 James Hansen y sus colaboradores publicaron su famoso estudio, las variaciones detectadas en las medidas instrumentales estaban dentro de los márgenes de variabilidad climática natural. Los modelos empleados no tenían ni la resolución temporal ni la espacial de la que disponemos hoy, y tampoco había evidencia experimental sólida de que el dióxido de carbono que estábamos emitiendo acabaría calentando unos cuantos grados la atmósfera. Visto desde 2016, treinta y cinco años después, aquel artículo de *Science* aparece como una señal de alarma extremadamente sensible a la que tendríamos que haber hecho caso, pero lamentablemente aquello que era esperable fue lo que sucedió. Muchas personas, especialmente los encargados de tomar las decisiones económicas y políticas más relevantes, pensaron que la lucecita roja se había estropeado, y continuaron actuando como si no pasara nada.

El primer informe del IPCC es de 1990, y eso nos ha de ayudar a entender la trayectoria. Durante los años ochenta hubo un debate científico mayoritariamente sano respecto al cambio climático; ninguna idea rompedora se ha aceptado en el mundo científico de un día para otro. Los ejemplos de la teoría de la evolución, la tectónica de placas o la mecánica cuántica dan fe de ello. Hubo una encendida y productiva discusión, y a medida que se polemizaba en los foros internacionales la temperatura continuaba subiendo. Al principio de la década de los noventa, una vez ya se disponía de dos informes del ipcc, se había celebrado la Cumbre de Río y se había firmado el Protocolo de Kioto, el margen para el escepticismo era mucho, mucho menor. Sin voluntad enciclopédica, podemos establecer una taxonomía básica de aquello que se conoce como negacionistas climáticos y distinguir cuatro tipos básicos:

1. No está pasando: aquellos que afirman que, sin ningún género de duda, eso del cambio climático es mentira. Bien por convicciones religiosas, bien porque para ellos los datos no son fiables, defienden que no hay que preocuparse, porque sencillamente no

está pasando nada.

2. De acuerdo, pasa algo, pero es la naturaleza: hay un segundo grupo que admite que es posible que vivamos un cambio en el clima, pero que es completamente natural y que por una parte no podemos hacer nada (culpan al sol, por ejemplo, cuando se ha comprobado reiteradamente que su actividad no ha incidido en el actual periodo de calentamiento), y por otra, tampoco pasará nada grave.

3. De acuerdo, somos parcialmente culpables, pero nos beneficia: hay un tercer grupo que no solo admite que el cambio climático sea una realidad, sino que, además, nos anima a no luchar en su contra. Obviando todos los informes económicos, sanitarios y ambientales, aseveran que al final los beneficios serán más grandes que las pérdidas.

4. Es demasiado caro hacerle frente: a medio camino entre la resignación y el pensamiento mágico, un último grupo reconoce que el cambio climático causará problemas, pero que es demasiado caro tratar de mitigarlo, y que más vale la pena adaptarse a él.

Los cuatro grupos, eso sí, tienen una cosa en común: representan el subterfugio ideal (no es nuestra culpa, y si lo es no vale la pena actuar) para seguir como si no pasara nada. Para continuar con lo que los ingleses denominan el *business as usual*, haciendo negocios a la manera antigua: sin recortar emisiones, sin tasas para el carbono, sin cambiar la forma en la que producimos.

La construcción de la negación del cambio climático ha sido un camino largo, que ha bebido de numerosas influencias. En el libro *Mercaderes de la duda*, las historiadoras de la ciencia Naomi Oreskes y Erik Conway describen las técnicas empleadas para sembrar la duda en la sociedad, que se copiaron de lo que había hecho previamente la industria del tabaco. Con dinero de empresas que tenían intereses directos en los combustibles fósiles, se alimentaron decenas de institutos, fundaciones e incluso

grupos de investigación, con el único objetivo de generar ruido y polémica en el debate. Si había informes y artículos que desmentían el cambio climático, y gracias al sesgo de confirmación que hemos visto antes, siempre se podría aducir que «no hay consenso» o que «los científicos no lo tienen claro». Y según informaciones aparecidas en los últimos años, incluso las petroleras lo tenían claro desde hace décadas.

De hecho, la producción de estos datos –de baja calidad y cuestionables en la gran mayoría de casos– fue lo que posibilitó aquello que se dice *cherrypicking*, es decir: coger un estudio en particular a propósito, que no está en línea con el resto, y proclamar a los cuatro vientos que eso que hay allí es igual de real y está igual de confirmado. Como si fuerais a un cerezo, cogierais el único par de frutas azules en lugar de rojas y predicaseis que todas las cerezas son azules.

Una de estas jugadas les salió muy mal. Los hermanos Koch, unos magnates del petróleo en EE.UU., son dos de las personas que con más dinero han sufragado la investigación sobre el cambio climático, para demostrar que era una farsa y que no había que preocuparse de nada. En una investigación parcialmente financiada por ellos, y por la que se contrató a un científico escéptico del cambio climático, Richard Muller (quien había criticado en numerosas ocasiones el alarmismo ecologista y también los métodos de estudio del cambio climático), el resultado no fue el esperado. Un año después de iniciarse, Muller compareció ante el Comité de Ciencias del Congreso de los ee. uu., y aquello que expuso contrarió visiblemente a los republicanos: los resultados obtenidos confirmaban el calentamiento del planeta y delataban la autoría de los seres humanos.

Mulller no era un negacionista, por mucho que fuera un icono del movimiento. Era un escéptico, y los escépticos piden (o buscan) pruebas. Una vez encontradas, no tuvo ningún problema en admitir que la realidad era distinta de lo que pensaba.

La presencia mediática de los escépticos y negacionistas ha hecho que sea inevitable, muchas veces, invitar a uno de

cada *bando* a un debate radiofónico o televisivo. Y así, el público acaba teniendo la percepción de que «la cosa no está clara» y que los científicos no se aclaran ni entre ellos. Quizá vosotros tenéis esta percepción, y quizá penséis que lo que habéis leído en las páginas anteriores es solo «una postura». No lo es. Más del 97 % de los científicos que se dedican al clima están de acuerdo con la afirmación de que vivimos un cambio climático causado por el ser humano (Cook e*t al.*, 2016). Y eso, que podría constituir una falacia *ad populum* y de autoridad (la mayoría, ni siquiera cuando la conforman autoridades en su campo, no tiene por qué tener razón automáticamente), no lo es, porque se ve refrendado por los hechos, y porque la ciencia funciona basándose en evidencias, no en opiniones y porcentajes.

De cualquier manera, y para que captéis qué implica una coincidencia tan alta: si al ir a cruzar un puente sobre un acantilado leyerais un cartel que dijera «El 97 % de los arquitectos e ingenieros de caminos recomiendan no cruzar este puente por el riesgo de derrumbe», ¿qué haríais? Me temo que lo dejarías para otro momento, ¿verdad?

CUMBRES CLIMÁTICAS: DE RÍO DE JANEIRO A PARÍS

Supongo que cada vez os hacéis más preguntas. Si la realidad del cambio climático es tan evidente, y si además conocemos quién y por qué se opone a que actuemos, ¿por qué continuamos sin hacer nada? Yo también me la he hecho una y mil veces, y quizá las repuestas que encuentro son las que dan consistencia al camino que va de Kioto a París.

Un camino de piedras japonés

Kioto es una ciudad encantadora, con una atmósfera única, preservada de forma casi intacta a lo largo de siglos. Quién

sabe, quizá por eso la eligieron para firmar el primer protocolo sobre gei en 1997. Cinco años antes, en Río de Janeiro, se creó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que se reúne anualmente para evaluar los progresos y adoptar medidas para la estabilización de la concentración de los GEI. Y es también un espacio –intelectual y físico– en el que se aprecia la doble velocidad que llevan los gobiernos y la ciencia respecto al medio ambiente, porque las evidencias van muy por delante de las acciones.

En Kioto, a la vez que se asumía que el cambio era ya inevitable, se firmó un protocolo para disminuir la emisión de determinados GEI (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre) en solo un 5 % respecto a 1990. Mucho se ha escrito desde entonces sobre el protocolo (que tenía que ser ratificado y, por distintas razones, entre ellas la resistencia de EE. UU., Rusia o Canadá, no lo fue hasta el año 2004), y especialmente sobre su grado de cumplimiento, pero es un debate perverso que tan solo resta tiempo y energías. ¿El porqué? La reducción era minúscula (aunque distinta según el país) y, en caso de cumplirse, su impacto en el calentamiento habría sido mínimo. Y esta es la gran diferencia con París.

El protocolo de Kioto es hijo de su tiempo, en el que aún había dudas sobre el alcance del cambio climático, una incertidumbre (relativa, pero real) que aprovechaban los negacionistas –empresas relacionadas con los combustibles fósiles, principalmente– para tratar de condicionar las políticas públicas. La evidencia científica era sólida, pero la brecha se aprovechó lo suficiente. Y si no, como hemos visto, ya se ocuparían de abrirla con estudios *ad hoc*.

Después de Kioto vino una cierta apatía, que comenzó a resquebrajarse hacia 2006 con la publicación del cuarto informe del ipcc, el aumento de noticias que hemos visto en el capítulo anterior, el conocido como *Informe Stern* del prestigioso economista británico del mismo nombre, y el documental *Una verdad incómoda*, del exvicepresidente Al Gore. El cambio climático volvía al menú mediático, la

preocupación ciudadana aumentaba y los gobiernos, incluso aquellos que habían obviado Kioto, comenzaron a darse por aludidos. Con este impulso se llegó a Copenhague en 2009, donde se celebró la cumbre de la que tendría que emerger el acuerdo que sustituiría a Kioto (que, en teoría, se acabaría en 2012). Desgraciadamente, el resultado fue un fracaso absoluto. Sin objetivos claros, sin plazos, sin voluntad de cambiar nada. No llegaba ni tan solo a ser una segunda parte de Kioto. Y entonces llegamos a París, que lo cambia todo.

Según explica la que ha sido la responsable de las cumbres de cambio climático desde 2010 hasta 2015, la costarriqueña Christiana Figueres, ni ella misma creía que viviría la firma de un acuerdo como el de París en su vida. 2010, de hecho, fue un año nefasto para las expectativas de quienes esperaban ver un cambio en el debate climático. Con la mochila llena de la pesada carga de Copenhague, la crisis económica mundial hizo pasar a un segundo plano cualquier cuestión ambiental –especialmente en Europa, que tanto liderazgo había mostrado–, y en Estados Unidos se truncaba un proyecto legislativo de gran envergadura que afectaría de pleno a su huella de carbono.

Y entonces, ¿cómo se llega a París? Con esperanza y optimismo, tal como reitera Figueres cuando la entrevistan sobre el tema. Otra cosa, sin embargo, es si la mejora respecto a la cumbre de Copenhague ha sido suficiente o no. Veámoslo.

¿Será suficiente París?

> El acuerdo de París es un milagro para lo que podría haber sido, pero un desastre según lo que debería haber sido.
>
> Georges Monbiot

En su libro *Atmósfera de esperanza*, el paleontólogo y activista climático Tim Flannery se refiere constantemente al

acuerdo de París. El libro, que salió a la venta poco antes de la cita internacional, está escrito en un tono moderadamente optimista (como se puede deducir por el título), pero fía parte de las expectativas en el resultado de la Conferencia de París. ¿Las ha satisfecho la cumbre?

Es difícil no estar de acuerdo con la cita del pensador y escritor George Monbiot que encabeza estas líneas. Cuando se analizan los números que hay detrás del acuerdo internacional más ambicioso y amplio nunca firmado es inevitable un cierto optimismo y un regusto de –¡finalmente!– victoria, pero los hechos, y no las palabras, son los que nos mantendrán alejados de los impactos más catastróficos del cambio climático.

En París se dispararon las expectativas, ciertamente. Después de años de desencanto y de cumbres obstruidas por desconfianza y falta de compromiso, se llegó a un acuerdo con una base amplia y objetivos claros, que por fin admitía la gravedad de la situación y establecía un horizonte hacia el que caminar. El rasgo esencial del acuerdo de París es, sin duda, que presenta una hoja de ruta que, de cumplirse, nos evitaría con casi total probabilidad los escenarios más duros y peligrosos del cambio climático. Pero... ¿qué dice el acuerdo?

Simplificándolo mucho, y respecto a la adopción de medidas y el marco científico, en París se marcaron tres objetivos fundamentales.[1]

> 1. Mantener el aumento de la temperatura media mundial «muy por debajo» de los 2 ºC respecto a los niveles preindustriales.
>
> 2. Los países se comprometen, además, a hacer «todos los esfuerzos necesarios» para que el aumento no sobrepase los 1,5 ºC.
>
> 3. Hay un compromiso de ser neutrales en carbono (es decir, de conseguir un equilibrio entre aquello que se emite y aquello que se absorbe) en la segunda mitad del siglo XXI.

Quizá os preguntéis por qué tanta insistencia en los 2 ºC, o incluso en el 1,5 ºC. ¿Son un umbral mágico? Si no

llegamos estamos salvados, pero ¿si nos pasamos medio grado estamos condenados? No exactamente. Se piensa –a pesar de las incertidumbres inherentes a los cálculos– que no superar los 2 ºC representa nuestra mejor opción para evitar un cambio climático desbocado, aquel que pondría en marcha procesos de retroalimentación que no podríamos controlar. Algunos cálculos hablan de un 50 % de probabilidades de evitar este cambio incontrolable si no llegamos a los 2 ºC y, lógicamente, quedarnos en 1,5 ºC nos da aún más posibilidades de esquivarlo. Pero París, además, presenta otro hito: establece claramente la descarbonización de la economía como una prioridad. Es decir, emitir solo los GEI que el planeta (y nosotros, llegado el caso) pueda absorber y almacenar. No son pocos los que han remarcado este compromiso como el más efectivo para guiar las políticas públicas (Rogeli e*t al.*, 2016*a*).

¿Es posible quedarnos en 1,5 ºC? Es la gran pregunta actual que sobrevuela las políticas de adaptación al cambio climático. Según estudios efectuados (H. J. Schellnhuber *et al.*, 2016) después de la cumbre de París, los compromisos adquiridos por los países firmantes no bastan para limitar el calentamiento no ya a 1,5 ºC, sino tampoco a 2 ºC. A pesar de que reconocen el progreso que suponen los objetivos asumidos, las herramientas que se piensan destinar y los compromisos adoptados nos llevarían a un mundo con un calentamiento más cercano a los 3 ºC que a los 2 ºC, lo que implica muchas menos posibilidades de evitar la puesta en marcha de algunos procesos incontrolables, como el deshielo de Groenlandia.

Volemos a hacernos la pregunta: ¿es posible un escenario en el que tengamos la oportunidad real de limitar el calentamiento a 1,5 ºC? Sí, es posible. Un grupo de investigadores (Reed 2016) (entre los cuales está nuestro amigo Stefan, el de la pesadilla de la primera página) piensan que, finalmente, hemos acordado una cifra que nos puede evitar los peores impactos. La diferencia entre 1,5 y 2 ºC reside, esencialmente, en aquello que podemos permitirnos emitir antes de bajar drásticamente las emisiones: el medio grado implica que el pico de estas debería producirse antes de 2020.

¿Qué aspecto tendría un mundo 1,5 ºC más cálido que el de 1850? Esta es una de las preguntas que se está haciendo actualmente el ipcc, y que deberá responder 2018, con la entrega de un informe específico. Y es que, de tan imposible que se veía llegar a este acuerdo antes de París, poca gente se había planteado cuestionárselo. Ahora, sin embargo, es urgente saberlo, y aún más: tratar de conocer y entender las consecuencias de este medio grado, porque parece que las diferencias que implicaría no son, en ningún caso, despreciables (Schleussner *et al.*, 2016). Porque quizá se llegue tarde –¡quién sabe si a finales de 2018 ya habremos sobrepasado el grado y medio de margen que nos hemos dado!–, y porque también hay que repensar el ipcc para que sea más útil y ágil en la toma de decisiones.

No es tarde para hacerlo, pero tenemos que liberarnos de los tahúres que se están apostando nuestros termómetros y nuestro futuro a una partida de dados con el clima.

La bomba de relojería

La crisis del petróleo de los años setenta del siglo pasado supuso, para muchos, un toque de atención: los recursos no son infinitos, a pesar de que la economía actúe como si lo fueran. Inmediatamente, se reforzaron las iniciativas para explorar nuevos yacimientos de petróleo y, desde entonces, se han alimentado incesantemente las elucubraciones sobre cuándo lograremos el pico de extracción (el conocido como *peakoil* en inglés). Y, paradójicamente, un debate que se suponía esencial a la hora de tratar el cambio climático es tan solo una nota al pie de página. Porque sencillamente, no importa.

Cuando se hablaba del pico de petróleo se hablaba, fundamentalmente, de reservas geológicas, de dólares por barril, de mercado potencial y de otras variables económicas. La palabra clave era *escasez*. Pero nada de eso es relevante si tenemos en cuenta que, para evitar los impactos que hemos visto en el capítulo anterior y cumplir

los compromisos de París, debemos dejar más del 80 % de los combustibles fósiles bajo tierra. Nos tendría que dar lo mismo que se descubrieran nuevos e inesperados yacimientos de crudo por todo el mundo: el problema no es que nos haga falta más petróleo, es que tenemos ya, con las reservas conocidas, *demasiado* petróleo.

Uno de los primeros libros –si no el primero– para el público general que se escribieron sobre el cambio climático fue *The End of Nature* (‘*El final de la naturaleza*’), del activista ambiental estadounidense Bill McKibben, publicado en 1989. McKibben tenía entonces la impresión de que tan solo señalando el problema y explicándolo la gente se pondría manos a la obra para solucionarlo (Skirble, 2010). Por muy ingenua que nos parezca esta postura vista desde la segunda década del siglo XXI, cuando aún desconocemos cómo movilizar a la sociedad, en aquel momento parecía una buena idea. Había un problema del que poca gente había oído hablar –¡ni tan siquiera se había emitido el primer informe del ipcc!– y, de tan grave que era, parecía imposible que nos desentendiésemos de él.

El propio McKibben fue uno de los impulsores, en 2012, de una campaña que suponía un cambio de paradigma: «Dejémoslo bajo tierra» («Keepit in theground»). Ya que las reservas existentes de combustibles fósiles son muy superiores a lo que podemos emitir para mantenernos en el rango de los 2 ºC acordados en París, tienen que quedarse sin explotar. Eso es un reto –y un desafío– para los gobiernos y para algunas de las empresas más poderosas del mundo, porque se les está diciendo, básicamente, que no pueden hacer negocio con las reservas que cotizan en bolsa y que cuentan como activos financieros. Se les está diciendo, sin tapujos, que no podemos construir ninguna planta más donde se queme carbón, gas o petróleo, y que deberán buscar otra vía para sacar rentabilidad a las infraestructuras actuales. En su libro sobre la cuestión, *La pregunta que quema*, Mike Berners-Lee y Duncan Clark (2013) asumen que este será uno de los grandes retos: el valor de todos los combustibles fósiles a los que deberíamos renunciar es ciertamente enorme, pero también lo es el de toda la infraestructura asociada a su extracción que podría perder su

utilidad.

Los números, sin embargo, son tan claros como una carretera de carbón en medio de un paisaje ártico (Rogeli *et al.*, 2016*b*). Aunque los estudios divergen ligeramente sobre las gigatoneladas de CO_2 que aún podemos emitir, todos están de acuerdo en un punto: son muy, muy inferiores a las que emitirían las reservas de combustibles fósiles que tenemos pensado quemar.

– Emitimos en torno a 40 gigatoneladas de CO_2 anuales.

– Las reservas mundiales de combustibles fósiles que conocemos ahora se estiman entre 2.374 y 5.385 gigatoneladas de CO_2.

– Para conseguir un 50 % de probabilidades de quedarnos por debajo de los 2 ºC de calentamiento tenemos lo que se llama un *presupuesto* de carbono entre 870 y 1.240 gigatoneladas de CO_2. Según un estudio de 2015 (McGlade y Ekins, 2015) 1.100 gigatoneladas entre 2011 y 2050, de las que ya hemos consumido una buena parte.

– Para tener más del 66 % de probabilidades, el presupuesto se reduce a un rango de 470-1.020 gigatoneladas de CO_2 (Rogeli e*t al.*, 2016*b*).

– Para tener más del 80 % de probabilidades de quedarnos por debajo de los 2 ºC, el presupuesto se debería reducir como mínimo hasta las 565 gigatoneladas de CO_2.

– Para intentar limitar el calentamiento a 1,5 ºC, deberíamos evitar sobrepasar las 200 gigatoneladas de CO_2. Al ritmo que vamos, son menos de cinco años: en 2020 podemos haber enterrado en carbón nuestras posibilidades de limitar el calentamiento a 1,5 ºC.

En este escenario, los autores de uno de los estudios recomiendan dejar bajo tierra y no utilizar un tercio de las reservas de petróleo, la mitad de las de gas natural y ocho de cada diez toneladas de carbón, para tener un 50 % de posibilidades de llegar a los 2 ºC acordados en París.

Es difícil escribir desde el optimismo sobre el cambio climático, pero si hay una forma de hacerlo es asumiendo en qué situación estamos actualmente. De la misma forma que no se puede luchar contra una enfermedad desde el desconocimiento, tampoco podremos actuar si nos vendamos los ojos y hacemos como que no vemos aquello que tenemos delante. El reloj, es cierto, es implacable, y la campana no dejará de marcar las horas por mucho que nos tapemos los ojos y nos llenemos las orejas de algodón. Solo conociendo exactamente el tiempo que nos queda en nuestra situación actual podremos hacerle frente a las previsiones y, con suerte, evitar que se hagan realidad.

Porque aún no es tarde.

---

1. Acuerdo de París. Convención Marco sobre el cambio climático - Conferencia de las partes. 21.er periodo de sesiones. ONU-UNFCCC.

5
AÚN NO ES TARDE: CÓMO PARAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

> Incluso con nuestras limitaciones, los humanos podemos aceptar, entender y actuar sobre cualquier cosa. Tenemos una capacidad inmensa para un comportamiento social, para la ayuda, para el altruismo. El cambio climático está totalmente dentro de nuestra capacidad para el cambio. Supone todo un reto, pero está lejos de ser imposible.
>
> George Marshall, 2014
> *Don't even think about it: why our brains are wired to ignore climate change*
> ('Ni tan siquiera lo pienses: por qué nuestros cerebros están hechos para ignorar el cambio climático')

> Somos la primera generación que siente las consecuencias del cambio climático y la última que puede hacer algo al respecto.
>
> Barack Obama, 2014

PROHIBIDOS LOS TRUCOS DE MAGIA

Si estáis esperando que explique punto por punto qué deberíamos hacer para evitar los efectos del cambio climático en las páginas que quedan, lo hacéis en vano. Ni en este libro ni en ningún otro encontraréis una solución clara, concisa y que suscite un acuerdo universal. Si alguien os lo promete, miente. En primer lugar, porque no hay tal

cosa como una única vía para salirnos de este embrollo, sino una suma de múltiples soluciones fragmentarias que, correctamente acopladas, nos ofrecerán unas probabilidades esperanzadoras de no sufrir los impactos más destructivos del calentamiento global. En segundo, porque es imposible que tal solución, en caso de que exista, fuera igual de deseable para todos: alguien debe perder para que arreglemos esto. Bien los países ricos, bien una serie de empresas, bien (esperemos que no) las regiones más pobres y vulnerables. Por eso es tan difícil construir un consenso: porque no todo el mundo saldrá ganando.

Aparte, claro está, ni tan solo nos ponemos de acuerdo sobre cómo debemos abordar la solución del cambio climático: ¿más nucleares o más renovables? ¿Más protagonismo empresarial o más regulación estatal? ¿Hay que reducir el consumo o tan solo sustituir las fuentes de energía? ¿Intensificamos la agricultura o disminuimos el consumo de alimentos?

He dicho antes que no habría recetas mágicas, pero lo que sí que tenemos, sin embargo, son las herramientas adecuadas. Tenemos un conocimiento científico sólido sobre la problemática, conocemos las causas y podemos actuar a distintos niveles: individual, empresarial, colectivo y gubernamental. Y además podemos hacerlo cambiando completamente la perspectiva con la que habíamos abordado el problema, encontrando nuevos soportes, construyendo complicidades y descubriendo formas de acelerar el cambio.

Cuando se habla de «luchar» contra el cambio climático se mezclan habitualmente dos conceptos: la *adaptación* y la *mitigación*. El primero hace referencia a todos los preparativos encaminados a disminuir el impacto del cambio climático sobre las ciudades, cultivos o ecosistemas, como la construcción de diques en la costa ante el aumento del nivel del mar o el desarrollo de nuevas variedades de cultivos que resistan mejor la sequía. Es decir, adaptarse lo mejor posible a la realidad que vendrá. La mitigación, por el contrario, trata de minimizar los impactos del cambio climático atacando la raíz del problema: las emisiones de los gases de efecto invernadero, bien sea disminuyéndolas o capturando

los GEI de la atmósfera. Mitigar es tratar de que el calentamiento global no aumente mucho más de lo que ya lo ha hecho y, si puede ser, retornar hacia el rango de temperaturas que han predominado durante el Holoceno (y que estamos abandonando).

En esta última parte del libro nos centraremos, fundamentalmente, en la mitigación. Aunque todavía nos queda mucho camino para saber cómo protegernos adecuadamente de todo lo que representará un mundo 2 ºC más cálido, mitigar es más deseable que adaptarse: habrá impactos contra los que no podremos hacer nada a la larga, y siempre es más barato evitar que eso se produzca. Ya no solo es cuestión de que cada vez las pérdidas por desastres meteorológicos e hidrológicos aumenten; a medida que los efectos del calentamiento sean más visibles, nuestra capacidad productiva decrecerá. Cada nuevo estudio sobre este aspecto es más contundente: las pérdidas causadas por el cambio climático, si no hacemos nada, serán astronómicas (Sterner, 2015). Según la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), no implementar ninguna política de adaptación o mitigación contra el cambio climático podría producir pérdidas estimadas (OCDE, 2015) entre el 2 y el 10 % del Producto Interior Bruto (PIB) mundial, mientras que si nos ponemos ya manos a la obra los posibles daños los limitaríamos entre el 1 y el 3 %. Y cada nuevo estudio amplía y aumenta la horquilla de las pérdidas por inacción. Tenemos que considerar, sin embargo, que estos son valores globales, hecho que implica que en algunas regiones las pérdidas serán aún mayores. Y claro, hay que preguntarse: ¿cómo se mide el pib de un estado que ya no existe porque se lo ha tragado el mar?

A menudo encontraréis la argumentación de que ya no se puede hacer nada y que intentar mitigar el cambio climático es tirar el dinero y los esfuerzos a la basura. No es cierto. Es tan solo una estrategia para que no cambie nada en el sistema actual y que los que se benefician puedan continuar haciéndolo durante más tiempo. Si tiene un cierto éxito es porque conecta directamente con nuestra aversión a las pérdidas a corto plazo, y porque los beneficios parecen inciertos con predicciones que se alargan hasta el siglo que

viene. El cambio climático, lo tenemos que admitir, es la tempestad perfecta y el peor enemigo para lo que nos gusta denominar como *sentido común*: nos pide sacrificios actuales a cuenta de asegurar un futuro teóricamente peor que el presente, pero mejor que el que tendrá lugar si no hacemos nada. Para acabar de arreglarlo, solo vislumbraremos estas predicciones catastróficas cuando sea demasiado tarde para evitarlas, como el iceberg del Titanic. Y si lo hacemos todo bien, nunca tendremos ninguna pista de todo lo que hemos evitado. Es muy humano dudar, pero más humano es aún obligarnos a ser racionales y saber ponderar adecuadamente los caminos por los que podemos –¡debemos!– transitar.

No solo tenemos la posibilidad de mantener la temperatura por debajo de 2 ºC, hecho que nos daría un margen de seguridad aceptable, sino que sabemos cómo hacerlo y es mucho, mucho más barato que adaptarse a aquella nueva realidad. Porque, además, luchar contra el cambio climático es hacerlo también por un mundo mejor, más habitable, más igualitario, más saludable, más justo, más humano.

Aún no es tarde.

UNA HOJA DE RUTA PARA EL SIGLO XXI

El siglo XXI, si no impacta un meteorito como el que causó la extinción de los dinosaurios o descubrimos vida extraterrestre, será el siglo del cambio climático, de eso no tengo ninguna duda. No habrá proceso más omnipresente y que más incida en la vida de la gente. El físico y divulgador Joseph Romm (2016), en la introducción de su magnífico libro sobre el tema, *Cambio climático: lo que todo el mundo necesita saber*, nos lo explica sin concesiones:

> El cambio climático tendrá un impacto más grande en tu familia, amigos y en toda la humanidad que el que ha tenido internet. Imagina que supieras, hace un cuarto de siglo, cómo revolucionarían las tecnologías de la información e internet tantos aspectos de la vida. Imagina cómo de valioso

> hubiera sido este conocimiento para ti y tu familia. Resulta que tenemos este conocimiento avanzado sobre cómo se desarrollará el cambio climático el próximo cuarto de siglo y más allá.

Quizá tú ya has nacido con internet impregnándolo todo, pero estoy seguro de que eso no te impedirá pensar en cómo se comunicaba la gente hace treinta años. O cómo buscaba bibliografía, cómo compartía fotografías, cómo veía películas, cómo intercambiaba grandes volúmenes de información. Nuestro mundo es radicalmente distinto del de 1980 gracias, esencialmente, a la red. El mundo de 2050 será muy distinto, también en una dimensión física, si no hacemos nada para evitarlo. La parte buena, sin embargo, es que también podemos redirigir este cambio para que la transformación sea a mejor.

Para trazar una hoja de ruta para el siglo XXI es necesario, antes que nada, ser realista. Y sí, es muy difícil limitar el calentamiento a los 2 ºC que tanto hemos mencionado. No solo porque tenemos muchas más reservas de las que podemos quemar, sino sencillamente porque aún no hemos hecho el cambio de mentalidad necesario. Por eso hay que evitar triunfalismos (que no es lo mismo que ser optimista o tener esperanza), la autocensura y el autoengaño. En un polémico artículo en *Nature*, el analista Oliver Geden (2015) pedía que los asesores del clima mantuvieran la integridad y no trataran de hacer encajar sus predicciones en las demandas de los políticos, que siempre quieren buenas noticias y rechazan las malas. Es tentador rebajar el tono negativo de los informes si así el responsable de tomar las decisiones te hace caso, y eso ha pasado más de una vez cuando los científicos han tenido que transmitir la realidad climática. La presión por *suavizar* el discurso es notable. ¿El resultado? Que siempre da la impresión que estemos a tiempo de hacer algo. Que «aún nos queden cinco o diez años para movilizarnos» es un mensaje recurrente desde hace tiempo. No todo es posible, y la prórroga que nos hemos concedido no durará por siempre jamás.

Una buena hoja de ruta para lo que queda del siglo XXI empieza por conocer con detalle el punto de partida.

Afortunadamente, la ciencia es clara, y al fin los acuerdos internacionales han dado frutos aceptables. Es difícil, pero es posible, esencialmente porque por fin sabemos a dónde nos tenemos que dirigir y cómo: a un mundo entre 1 y 2 ºC más cálido, mediante una economía baja en carbono. El acuerdo de París, además de estos objetivos, nos ofrece la posibilidad de revisar los límites de emisión cada cinco años. Y sí: los mecanismos para asegurar el cumplimiento son débiles, pero... ¿quién nos impide implementar nuevos mecanismos cuando así lo consideremos?

De la misma manera que existen los bucles de retroalimentación en la naturaleza, a los que nos tenemos que enfrentar, no es menos cierto que nosotros también nos podemos beneficiar de ellos. Hay una serie de acciones en las próximas páginas que pueden provocar cambios en cascada, y que pueden hacernos progresar más rápidamente de lo que habíamos pensado. Es básico, además, ser capaces de evaluar las políticas públicas con claridad, discernir aquello que no funciona (como por ejemplo, el mercado de emisiones vigente hasta el momento) e implementar nuevas. Conseguir el 80 % de energías limpias en 2030 puede parecer irrealizable, pero quizá contemos entonces con ayudas o aliados que ahora mismo no somos ni capaces de imaginar.

Hay muchos síntomas que invitan al optimismo. La hoja de ruta que nos hemos marcado para lo que resta de siglo, y que aún tenemos que acabar de definir, es sin duda dura y complicada de poner en marcha, pero también por eso es muy estimulante. Poca gente se imaginaba en 2010, después del frustrado intento de aprobar una ambiciosa legislación sobre gases de efecto invernadero por parte de la administración de Barack Obama, que solo unos años después los Estados Unidos serían uno de los primeros países que ratificaría el acuerdo de París, o más aún: ¡que lo haría de la mano de China!

El cambio es impredecible, y es un gran aliado. La incertidumbre puede esconder también sorpresas fabulosas, no solo catástrofes. Alimentémosla con la esperanza de ver cómo crece y se nos escapa de las manos.

Durante demasiados años hemos esperado, como Bill McKibben cuando escribió su libro, que con solo exponer los hechos provocaríamos una reacción contundente. Pero los hechos tienen que atravesar nuestros sesgos, y activar resortes que nuestro cerebro ha escondido a conciencia. Y una vez allí, tampoco estamos seguros de que funcione. Sin embargo, el fracaso continuado constituye un aprendizaje acelerado de lo que funciona y de lo que no, y nos abre las puertas a mejorar –y de qué manera– la forma en la que explicamos y comunicamos el cambio climático.

Del individuo al colectivo

Hay una trampa lógica que hace fracasar buena parte del discurso de lucha contra el cambio climático: ¿cómo es posible que seamos responsables del estado actual del medio ambiente, y que a la vez nuestra acción individual no cambie nada? ¿Cómo se explica que me culpabilicen constantemente por coger el coche, ir de vacaciones a un país remoto o comer carne argentina, si el hecho de dejar de hacerlo es insignificante frente a las cifras globales?

La trampa reside en el marco: mientras que para la culpa es individual, para las acciones es global. Lo que tenemos que hacer, entonces, es apelar al cambio colectivo como suma de cambios individuales. La identidad social es un arma poderosa, y los seres humanos somos animales sociales. ¿Qué nos dice la ciencia sobre cómo podemos usar eso para romper la trampa de la responsabilidad?

Si nos concebimos a nosotros mismos dentro de una identidad social particular, somos más proclives a tomar decisiones en beneficio del medio ambiente si el grupo también presenta características *verdes* (Fielding y Hornsey, 2016). Eso –el poder de las normas sociales– lo podemos utilizar de múltiples formas. En su libro sobre la psicología del cambio climático, Espen Stoknes (2014) habla de la

importancia del tejido social y de dos características muy humanas: la competitividad y el «qué dirán». Uno de los ejemplos que pone (Ferraro y Price 2011) versa sobre un experimento que estudiaba el ahorro de agua en un centenar de casas. A un grupo se le hizo llegar un mensaje que comparaba su consumo con el de los vecinos, a otro el mensaje que los exhortaba a conservar agua por motivos morales y a un tercer grupo se les envió solo una serie de consejos técnicos para ahorrar agua. La comparación social fue la que produjo un ahorro más grande de agua, equiparable con lo que se esperaría si se hubiera subido el precio un 15 %. Un resultado similar se obtiene en otro estudio que cita Stoknes, y en el cual el foco se puso en el reciclaje. En el grupo al que se le explicaba que sus vecinos ya reciclaban, la tasa de separación de residuos aumentó notablemente.

Eso nos posiciona claramente frente al desánimo de fijarnos en todos aquellos que no hacen nada: si centramos la atención en los mensajes positivos, produciremos una retroalimentación positiva que incentivará la toma de decisiones ambientalmente responsables. Una iniciativa que trata de aprovechar este rasgo de nuestra psicología es la aplicación móvil OroEco, que informa, de forma divertida, del coste ambiental de nuestras decisiones diarias (desde el transporte hasta las compras), proponiéndonos alternativas y comparando nuestras marcas con las de otras personas. ¿Os imagináis hacer una competición –¡amistosa!– entre dos pueblos vecinos y explotar una rivalidad de hace siglos en beneficio del clima? ¿O usar esta aplicación para comparar cómo de sostenible son las aficiones de dos equipos de fútbol?

Otro motivo para abandonar (al menos de forma parcial) el marco del individuo es un efecto no deseado de focalizar las acciones a escala personal. Muchos libros se han estructurado como una colección de pequeñas acciones cotidianas al estilo de *100 gestos para salvar el mundo*, de John Tell (2009). Y la verdad, salvar el mundo es una carga complicada de soportar, y ni los superhéroes de los cómics lo llevan demasiado bien. Pero además, y tal y como escribe Espen Stoknes, existe el peligro de que promocionar los

cambios a escala personal como solución principal al calentamiento global nos haga menos proclives a exigir cambios a escala política y social.

Construyendo nuevos liderazgos

El 28 de febrero de 2016, Leonardo DiCaprio ganó su primer Oscar, después de haber sido nominado en numerosas ocasiones. Yo me alegré, porque DiCaprio me resulta simpático desde la distancia de la gran pantalla, y también porque sabía que, de una u otra forma, utilizaría la oportunidad para hablar de cambio climático. Ya lo había hecho antes, pero en foros específicos o reuniones de la ONU. Ahora se dirigiría a una audiencia masiva (34,5 millones de personas solo en EE.UU.) y un público que no había sintonizado el canal buscando, precisamente, que le hablaran de catástrofes y olas de calor, sino buscando *glamour*, sonrisas falsas y un poco de emoción por los premios.

Pero allí llegó Leonardo, y aprovechó aquel momento que había esperado durante tantos años para decirnos, después de agradecer el premio a su equipo y su familia, que:

> *The Revenant* va sobre la relación del hombre con el mundo natural, un mundo que de manera colectiva sentimos en 2015 como el año más cálido en la historia registrada. Nuestra producción tuvo que irse a la punta sur del planeta solo para poder encontrar nieve. El cambio climático es real, está ocurriendo ahora mismo. Es la amenaza más urgente a la que se ha de enfrentar toda nuestra especie. Necesitamos trabajar juntos y dejar de procrastinar. Necesitamos apoyar a los líderes de todo el mundo que no hablan en nombre de las grandes corporaciones contaminantes, sino de toda la humanidad, de los pueblos indígenas, de los miles de millones de personas desfavorecidas que serán las más afectadas por todo esto. Por los hijos de nuestros hijos y por toda esa gente cuyas voces han sido ahogadas por la política de la codicia. Gracias a todos por este premio increíble esta

> noche. No demos el planeta por sentado. Yo no doy esta noche por sentada. Muchas gracias.

Puede parecer extraño reproducir el discurso de una estrella de Hollywood en un libro de divulgación científica. Y ciertamente lo es. Más aún: explica el fracaso colectivo de los científicos a la hora de comunicar una ciencia que nos involucra a todos. Leonardo enlaza con fluidez, y en menos de doscientas palabras y en solo un minuto, su experiencia personal (el rodaje), la evidencia científica (el calentamiento global) y la llamada a la acción colectiva.

Pero podríamos estar equivocados. El gesto del actor podría no haber trascendido y ser un espejismo en el desierto. ¿Fue así? En agosto de 2016 un equipo de la Universidad de San Diego publicó un artículo en una revista científica (Leas *et al.*, 2016) en el que describía cómo había seguido el rastro virtual del discurso. Combinando las búsquedas de distintos motores y redes sociales, pudieron observar un incremento muy notable en las veces que se buscaron los términos clave. En la figura 5.1, que resume las búsquedas de Google, se puede observar cómo el pico no se corresponde a otra terminología relativa al cambio climático, sino a las palabras pronunciadas la noche del 28 de febrero en el Dolby Theatre. Dicho de otra manera: no fue un repentino interés por el calentamiento, fue Leo.

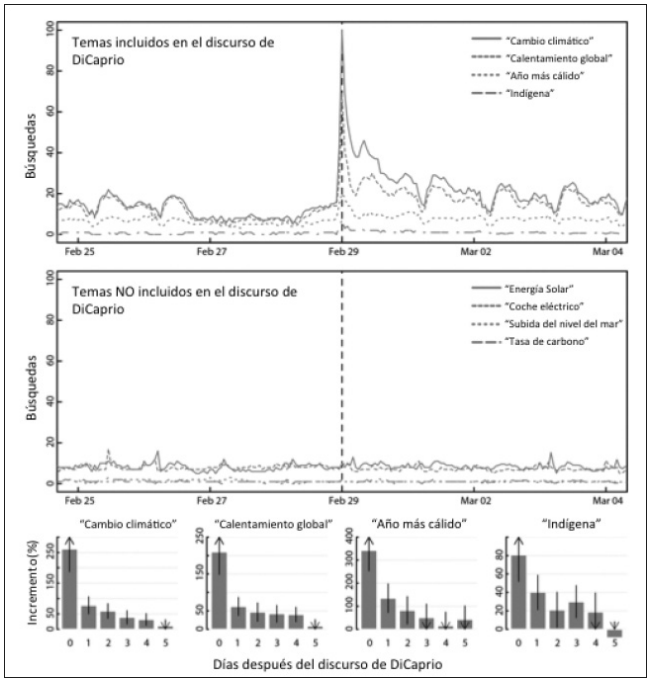

Figura 5.1 Figura modificada a partir del artículo de Leas *et al.* de 2016. Los términos de búsqueda originales están en inglés y pueden consultarse en el artículo.

Es evidente que no todo es de color dorado en el caso de DiCaprio. De la misma manera que Al Gore, el actor ha recibido críticas en numerosas ocasiones por llevar un ritmo de vida absolutamente insostenible, y por poseer una huella de carbono gigantesca. Pero lo que aquí nos interesa es, más que el ejemplo personal, la capacidad de construir un discurso que llega justo donde ha de llegar. El poder de un solo minuto, que llegó a millones de hogares y provocó que centenares de miles de personas se interesaran por el cambio climático, nos tendría que abrir las puertas de la esperanza a la movilización.

Porque el caso es que los humanos son, ya lo hemos visto, seres sociales, y si nadie se mueve, es difícil que nosotros lo hagamos. De hecho, se ha comprobado que, si en un edificio de oficinas suena la alarma de incendios pero nadie se levanta, la mayoría de la gente no sale corriendo;

¡ni tan solo cuando hay humo reaccionan inmediatamente! (Shwartz 2001). Quizá a vosotros os ha pasado con el coche: ¿aceleráis cuando estáis parados en un semáforo sencillamente porque el de delante lo hace, o porque habéis comprobado la luz verde antes? Lo que dispara el gatillo de alerta es, en muchas ocasiones, el comportamiento de los otros, no las señales externas.

Y aquí es donde los líderes ayudan a romper la inercia y la apatía social, el punto exacto donde actúan las palabras de DiCaprio: si este chico, a quien admiro tanto y es tan conocido, está preocupado... quizá valga la pena saber de qué está hablando.

Enmarcando una fotografía de familia

Hemos visto que más datos no siempre implican más concienciación sobre el cambio climático. De hecho, muchas veces se percibe la avalancha de información como un *ataque*, que lo que hace es reforzar la posición previa, como sucede de forma análoga a los defensores de algunas pseudociencias (Salas, 2015). De hecho, entre los conservadores de EE. UU., aquellos con más nivel educativo tienden a dudar más del cambio climático y a creerse distintas teorías de la conspiración (como que Obama es musulmán y no nació en Estados Unidos) (Mooney, 2012). Difícilmente más datos, gráficos o mapas como los que aparecen en este libro los hará cambiar de opinión. ¿Y entonces? ¿Qué hacemos?

Tenemos que coger el cambio climático, que ya se percibe a escala mundial como una de las amenazas más graves para la humanidad (Carle, 2015), y ponerle un marco nuevo. Los seres humanos priorizamos la experiencia por encima del análisis (Linden, 2015). Y entonces, ¿por qué contamos tan pocas historias sobre cambio climático? ¿Por qué no aplicamos aquello que ahora está de moda en el marketing, el *storytelling*, es decir, inscribir lo que queremos comunicar dentro de una historia con protagonistas?

Uno de los marcos que se considera que podría involucrar más a la ciudadanía es el del cambio climático como problema de salud. Más allá de los osos polares y de la Amazonía, centrar el foco en nosotros y en una de las cuestiones que, innegablemente, más nos preocupa. Un estudio de 2010 encontró reacciones positivas en distintos grupos de población, pero no en todos (Maibach, 2010); es un enfoque útil, pero limitado. Hay que continuar buscando.

Tenemos que encontrar también un marco personal. Los que tratamos de divulgar sobre el calentamiento global debemos perder el miedo a hacerlo hablando de nuestros paisajes o infancia. Es cierto que nos encontramos con un dilema bien conocido: cómo simplificar los datos sin perder rigor y, a la vez, interesar al público. Pero también tenemos que comprender –y en estas páginas he ido presentando algunas evidencias– que hay una serie de cortafuegos (sesgos cognitivos, particularidades de la psicología evolutiva o identidades refractarias) que evitan que nuestro mensaje llegue a la ciudadanía tal y como quisiéramos. Los hechos, tenemos que admitirlo ya, no son suficientes. Enmarcar el cambio climático con un vestido nuevo (la afección a la salud, la modificación de los paisajes, el libro de recetas de la abuela que ya no podrás cocinar) es una de nuestras mejores opciones para saltar estos huecos que nos separan de la conexión.

Y, más allá de redibujar los contornos, está la narración.

Una nueva narrativa

En el ámbito de las ciencias políticas se ha puesto muy de moda, los últimos años, hablar de relato, esto es: la construcción narrativa propia por parte de los partidos o gobiernos, más allá de medidas, proclamas o la relevancia de individuos concretos. ¿Podría beneficiarse la lucha contra el cambio climático de este enfoque? Sin duda, a mi parecer.

Actualmente, la lucha contra el cambio climático es percibida como la suma de acciones inconexas que tratan de

reducir emisiones y mitigar los efectos previstos. En muchos países y regiones hay, es cierto, un departamento ambiental (o incluso dedicado en exclusiva al calentamiento global), pero que gestiona, en el mejor de los casos, la realidad de forma fragmentaria, no como un todo. Y el calentamiento global, como hemos visto, no puede contenerse en una pequeña parcela de la realidad, ya que lo impregna todo.

Partiendo de la base de que la acción ha de percibirse como un todo colectivo, y que tenemos que apelar a algo más que a los gráficos del IPCC, ¿qué relato podemos escribir para el cambio climático? El activista ambiental Bill McKibben (2016) ha propuesto pensar en la lucha contra el cambio climático como la Tercera Guerra Mundial, y ligarlo a un esfuerzo de reconversión de la economía como se hizo durante la Segunda Guerra Mundial. Remar todos a la vez contra un enemigo común y entender que nos jugamos mucho. Aun siendo una metáfora poderosa, es muy dudoso que pueda funcionar. En primer lugar, porque la mitad de su país, Estados Unidos, ni tan solo piensa que el enemigo exista. Pero en segundo lugar –y más importante aún–, es una narrativa que no es capaz de arrastrar al resto del mundo. El esfuerzo durante la guerra y la posterior explosión económica de los años cincuenta (el recuerdo al que apela McKibben) es una particularidad estadounidense, y es muy difícil que un brasileño, un marroquí, un portugués o un coreano se vea seducido por un marco en el que se le pide que asuma como propia una historia de éxito ajena. En cualquier caso, si sirve para movilizar conciencias entre Nueva York y Los Ángeles, ¡bienvenida sea la Tercera Guerra Mundial!

Pero ¿y si en lugar de una guerra dibujamos una paz verde? ¿Y si pensamos en cómo sería el año 2050 en el que nos gustaría vivir, y averiguamos los pasos que se deberán seguir para llegar a él? La retórica del optimismo constituye el camino directo.

¿Hemos pecado de catastrofistas los que hablamos de calentamiento global? Sin duda. La primera en asumirlo es la que ha estado dirigiendo la secretaría de la ONU que se encarga de las cumbres de cambio climático de los últimos

años, Christiana Figueres. Que la clave del éxito (relativo, pero éxito al fin y al cabo) de París yacía en el optimismo tenaz ya lo habíamos mencionado. Lo que no habíamos explicado es por qué.

En una charla (Greene, 2016), Figueres explicaba que el optimismo fue capaz de romper la inercia social que imperaba en el debate climático. Que, demoliendo una primera barrera, es capaz de caminar un poco más allá y sumar más gente, empresas, gobiernos y, entonces, romper otro muro, para seguir sumando gente. Como una bola de nieve que cada vez crece y crece más y va más rápidamente, aunque cuando comenzaba a rodar por poco no se ha parado. «En seis años pasamos de lo imposible a lo imparable». Cuando los líderes enmarcan el mensaje en una narrativa positiva y rompen la inercia ambiental todo es posible.

Y este es el relato que necesitamos: el del cambio climático como una oportunidad para repensar el crecimiento y caminar hacia un futuro mejor. El del calentamiento global como promotor de acuerdos internacionales y potenciador de la solidaridad entre territorios y continentes. El del desarrollo sostenible como guía de un mundo cada vez más justo y más unido.

El catastrofismo, eso ya lo hemos visto, no funciona. Nadie se siente motivado a actuar en medio de un maremágnum de previsiones calamitosas. El optimismo, en cambio, nos está enviado señales de progreso, de movilización. Podemos hacerlo y estamos aprendiendo, muy rápidamente, a cambiar el mensaje y el escenario.

Innovar en la comunicación

A veces me imagino las noticias sobre el cambio climático como una fina lluvia, de esas que nunca te llega a empapar del todo. ¡Quizá ni te das cuenta de que llueve! Lo que necesitamos, sin embargo, son tempestades, agua a cántaros, que se nos moje hasta la ropa interior. Encontrar

herramientas comunicativas que penetren hasta la piel, y no se queden solo en el jersey.

Habitualmente, las tormentas vienen de imprevisto. Esto es lo que le pasó a Ed Hawkins, un climatólogo de la Universidad de Reading. El día 9 de mayo de 2016 publicó un tuit en Twitter[1] en el que mostraba la media de temperaturas mensuales desde 1850 hasta 2016. Pero no las representaba en un gráfico de barras o una línea de tendencia, sino que puso los datos en forma de una espiral en movimiento, cuyo color iba cambiando a medida que se acercaba a los umbrales de 1,5 y 2 ºC (y la fecha actual, claro).

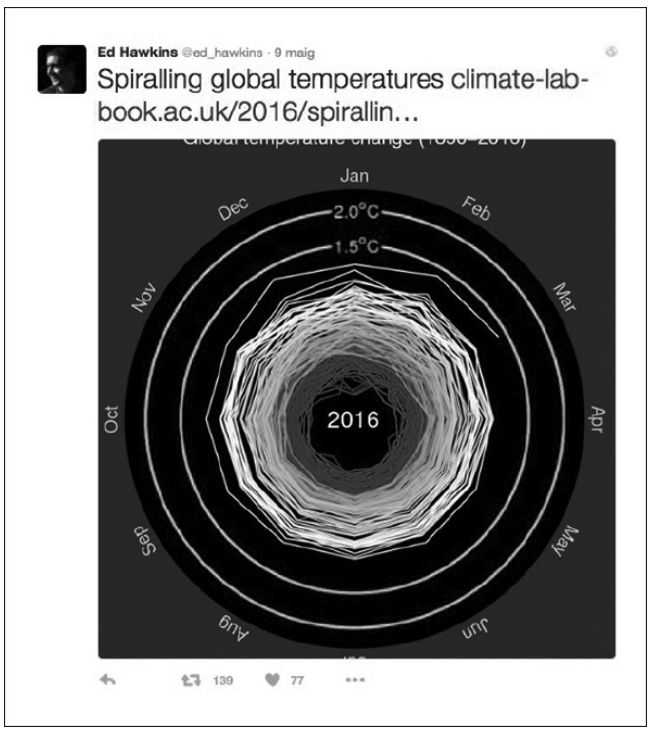

Figura 5.2 Captura de la cuenta de Twitter de @Ed_Hawkins con la imagen estática de la espiral.

En pocas horas llegó a más de mil retuits (comparticiones), y cuando escribo esto lleva más de 15.000.

Ha salido en los principales periódicos y portales web del planeta. Los datos eran conocidos, y de hecho el mismo Hawkins los compartió en días anteriores, si bien en formas diferentes. ¿Qué había cambiado? Que Hawkins había innovado en cómo mostrarnos el cambio climático. En lugar de añadir un punto más a una línea que se encumbra gradualmente, rompió la estética imperante. Su espiral triunfó, a mi parecer, por cuatro motivos principales:

1. Era un gif, es decir: una imagen en movimiento. No era estático.

2. Era bonito: los colores son vistosos y es hipnotizante, aquello que también se dice mesmerizante.

3. Es fruto de la colaboración: un compañero de laboratorio le sugirió la idea y él la ejecutó.

4. Y, sobre todo, es *diferente*. Nunca habíamos visto las temperaturas así.

El mismo Hawkins ha continuado innovando en el campo de la visualización de datos, y el 24 de agosto de 2016 consiguió repetir el éxito, con un mapa mosaico del cambio de temperaturas en todo el globo. El camino marcado por Hawkins –probar cosas nuevas, incluso si no sabemos si tendremos éxito– es el que hay que explorar.

La *viralidad*, en términos de redes sociales, se define como la difusión masiva y muy rápida de un contenido. Las compañías de marketing y los medios de comunicación buscan desesperadamente la fórmula mágica que les proporcione la posibilidad de hacer virales sus anuncios y noticias. Pero no es tan fácil como parece y, cuando llega, a veces no sabes por qué ha sido.

Adam Levy es un joven climatólogo que también hace vídeos de YouTube explicando las bases del cambio climático. La mayoría no superan pocos centenares de visitas, pero, de repente, uno de ellos se hizo popular. ¿Cuál? Uno en el que explicaba el aumento del nivel del mar con un gin-tonic; de pronto acumuló miles de visitas y apareció en numerosas páginas de temática ambiental. ¿Por qué? Porque hablaba del calentamiento global con una referencia

próxima y festiva, como es el combinado de ginebra y tónica. Había hecho posible hablar del cambio climático un sábado por la noche, en la terraza de un pub.

Hay muchas más iniciativas por todo el mundo en las que se está repensando la comunicación del cambio climático. Desde el famosísimo divulgador estadounidense Bill Nye, que lo explica con *emojis*, hasta la incursión del debate sobre el calentamiento en el campo de la pornografía o el humor. Si estamos verdaderamente convencidos de que el cambio climático es un asunto que ultrapasa las fronteras de la torre de marfil de la ciencia, debemos ser consecuentes, y ayudar a desarrollar el arsenal comunicativo más grande de que seamos capaces.

Arte y clima

Yo crecí entre discos de vinilo de canciones protesta, y recuerdo aprender qué era eso de la guerra del Vietnam por una canción de Pete Seeger. En la adolescencia, mi menú musical continuaba siendo mayoritariamente reivindicativo, aunque centrado en otras causas. La música ha sido siempre un vehículo poderosísimo de transmisión de mensajes, y sin embargo ahora ha enmudecido. «¿Dónde están las canciones del cambio climático?», se preguntaba en noviembre de 2015 la bbc británica (Marshall, 2015). Y es que no están en ninguna parte. Una de aquellas excepciones fascinantes es la de Andrew Revkin, periodista científico y ambiental de *The New York Times* que, además de su trabajo diario, también tiene un grupo de música, y ha compuesto diversas canciones que hablan del cambio climático. Obviamente, se pueden encontrar grupos minúsculos y cantautores aficionados en internet, pero la pregunta de la BBC repica constantemente sobre cualquier estantería de discos: ¿por qué la música se ha ocupado tan poco de un problema tan destacado de nuestra época?

El arte y el cambio climático tienen una relación difícil, que afortunadamente poco a poco se va fortaleciendo y enriqueciendo con aportaciones de ambos campos, y ya

están produciéndose los primeros resultados notables (como *Cloud Crash*, una exposición del otoño de 2016 en Mánchester, o el festival ArtCop21, celebrado entre septiembre y diciembre de 2015, coincidiendo con la cumbre de París). Lo que mejor llega al público es, sin duda, la fotografía. Bien sea de especies en peligro, del deshielo o de la degradación ambiental, las fotografías son el medio de expresión artística más popular respecto al cambio climático, y el éxito de las revistas naturalistas como *National Geographic* ha ayudado a difundirlas.

Pero también encontramos destellos en la pintura. La artista Sara Huete, que suele emplear una técnica de *collage* sobre fotografías antiguas, tiene algunos cuadros que tratan el calentamiento global, como el que veis en la figura 5.3. Sin estridencias ni catastrofismos, pero con una buena dosis de reflexión. La misma a la que apela Isaac Cordal, quien ofreció con su escultura *Políticos discutiendo el cambio climático*, de la exposición «Follow the Leaders», una de las representaciones más potentes y conocidas sobre el desesperante retardo en la adopción de acuerdos internacionales sobre el clima.

También en el cómic encontramos un lenguaje útil para abordar la realidad del calentamiento global. Además de algunas viñetas y tiras cómicas muy ocurrentes que han circulado por las redes sociales, es notable el esfuerzo del dibujante y guionista francés Philippe Squarzoni con su novela gráfica *Saison Brune*, de 2012. Allí mezcla el trayecto del conocimiento de los hechos sobre el cambio climático con la divulgación del saber acumulado sobre el tema y, quizá más importante aún, las elecciones en el estilo de vida que se ve obligado a realizar.

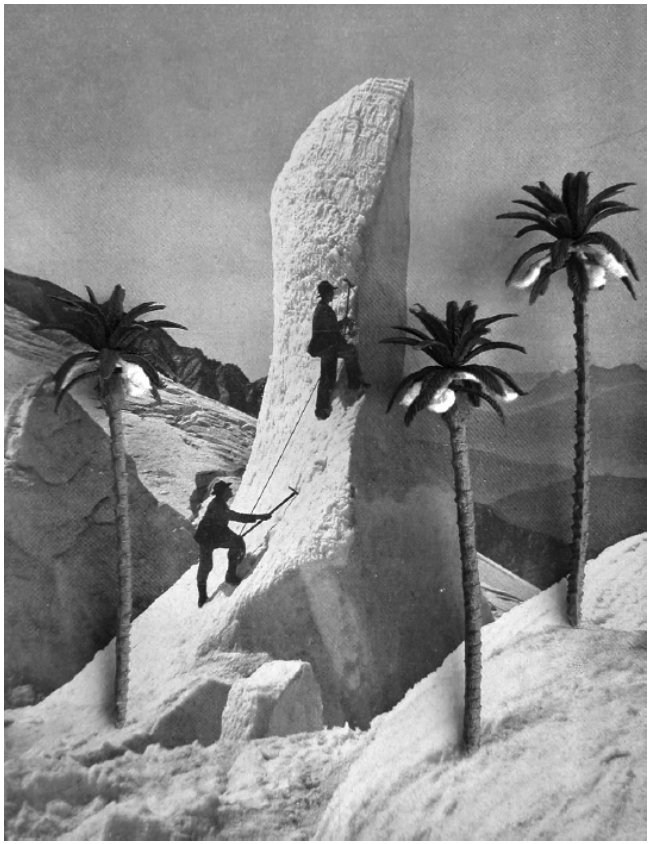

Figura 5.3 *Cambio climático*, de Sara Huete. Reproducido con permiso expreso de la autora.

Un tema más de conversación

¿Cuántas veces habéis hablado de cambio climático durante las últimas semanas? ¿Cuántas que vayan más allá de relacionar qué calor hace o el tiempo que hace que no llueve con el calentamiento global? No sufráis si habéis contestado que ni una: un estudio del programa de la Universidad de Yale en comunicación del cambio climático afirma que siete de cada diez estadounidenses casi nunca hablan sobre el calentamiento global con amigos y familia (Leiserowitz e*t al.*, 2016).

Figura 5.4 *Políticos discutiendo el cambio climático*, Isaac Cordal. Exposición «Follow the Leaders».

Por mucho que construyamos una nueva narrativa para el cambio climático, por mucho que generemos toneladas de arte, que cambiemos el mensaje y que innovemos a la hora de comunicar, no servirá de nada si nadie habla de ello. La conversación climática es la gran ausente de nuestro día a día. ¿Por qué compartimos trucos de cocina pero no de ahorro energético? ¿Por qué comentamos el calendario deportivo y no el de la naturaleza? ¿Por qué nos enfadamos cuando un político se olvida de mencionar nuestro territorio pero no aquello que previsiblemente le pasará de aquí a unos pocos años? ¿Por qué no hacemos más chistes sobre el cambio climático? ¿Por qué no le indicamos a alguien que se ha dejado la luz o el *stand by* encendido, y por qué eso es importante?

Derribar el muro

Tot està per fer i tot és posible

('Todo está por hacer y todo es posible')

Miquel Martí i Pol

El primer paso para hacer posible el escenario que dibujó la cumbre de París de 2015 es resituar el cambio climático en todos los niveles. Pensarlo como un reto colectivo, no como un desafío personal, enmarcarlo en la vida diaria y enlazarlo con lo que nos importa. Inscribirlo en una narrativa que no se dirija, inexorable, hacia la catástrofe, sino esperanzada hacia un escenario atractivo al que nos entren ganas de llegar. Podemos hacerlo, y tenemos suficientes señales a todos los niveles para insistir con más fuerza aún. Y, además, no podemos predecir cómo será el cambio, y eso es bueno.

¿Representan los negacionistas un problema en los próximos años? Soy optimista: no. Aunque en Estados Unidos sí que encontramos un problema verdaderamente enquistado, llegará un punto en el que, sencillamente, la negación del cambio climático quedará relegada a foros minoritarios y sin capacidad de movilización. La realidad será demasiado evidente (y ya se aprecia un cambio de discurso mediático, especialmente en EE. UU.) para continuar negándola, de la misma manera que la oposición temprana a la teoría de la evolución era durísima y de amplio espectro, pero hoy en día tan solo unas pocas comunidades de integristas religiosos la niegan en el mundo occidental.

Lo que nos deja la siguiente y esperanzadora pregunta: si hemos sido capaces de firmar el acuerdo internacional más importante de la historia en París, ¿qué no seremos capaces de conseguir cuando entendamos cómo comunicar mejor el cambio climático, cuando ensanchemos la conversación, cuando el debate sea verdaderamente transversal, cuando tengamos aún más herramientas para llegar a la ciudadanía, cuando se venzan los tabiques que habían construido los negacionistas?

UNA CIUDADANÍA MÁS ALLÁ DEL CONSUMIDOR RESPONSABLE

La mayoría de las apelaciones que habréis recibido a la hora de actuar contra el cambio climático habrán sido,

probablemente, en relación con vuestra condición de consumidores. Y si bien es cierto que tenemos un poder inmenso a la hora de decidirnos por un producto u otro (y así premiar una estrategia empresarial más respetuosa con el medio ambiente), también lo es que nuestro radio de acción no se acaba en la caja del supermercado.

El cambio climático es un reto descomunal porque parte de la clave está en nuestros hábitos, en cómo vivimos. Mientras que prácticamente no nos dimos cuenta de los efectos del Protocolo de Montreal sobre los gases que producían el agujero en la capa de ozono, los efectos del acuerdo de París serán visibles y notorios en nuestro quehacer diario. Como escribe el periodista y activista Geogre Monbiot (2006) en su libro *Calor*: «Para luchar contra el cambio climático tenemos que luchar no solo contra la petroleras, las compañías de aviación y el gobierno de los países ricos: hay que luchar contra nosotros mismos».

En el capítulo anterior hemos visto cómo la clave está en la movilización social, no en la lucha personal. Y sin embargo hay un dicho valenciano que es necesario que nos grabemos, todos, a fuego: toda piedra hace pared. Por más que necesitemos –lo veremos en las páginas siguientes– modificaciones estructurales en el ámbito legislativo, productivo o de gestión del medio natural, el papel de las acciones individuales continúa siendo esencial. Entre otras cosas, porque cuando las suficientes personas han hecho este cambio en sus hábitos, acaece una nueva norma social, que incentiva a más gente aún a sumarse. ¡El liderazgo no está restringido solo a los actores de Hollywood!

Recetas de cocina para un mundo descarbonizado

Nuestra dieta es, en muchos casos, responsable de más emisiones de GEI que nuestro medio de transporte. Si tenemos un coche eléctrico y nos movemos habitualmente en bicicleta, pero comemos carne roja dos veces por semana y fruta fuera de temporada, las emisiones de nuestro menú sobrepasarán, con creces, las del transporte. No es cuestión

de decir quién ha de comer qué –¡ni mucho menos!–, pero es necesario conocer que, en el supermercado, la frutería o la pescadería, nuestras decisiones tienen un impacto nada despreciable en el clima.

En su ilustrativo libro *¿Cómo de mala es una banana?*, el escritor especializado en cambio climático Mike Berners-Lee (2010) pone decenas de ejemplos de la huella de carbono de productos y de procesos. La huella de carbono es una medida de cuántos GEI se han emitido para fabricar este bien (o poner en marcha el proceso), y que se suele medir en CO_2-eq, o lo que es lo mismo: el dióxido de carbono (CO_2) equivalente (-eq) para producir este calentamiento. Se hace así porque, aunque el CO_2 sea el gas de efecto invernadero más abundante y conocido, algunos bienes también emitirán metano (CH_4) y otros gases con distinto potencial de calentamiento; unificándolos bajo la unidad CO_2-eq conseguimos una medida más visual y, lo más importante, comparable.

Comencemos por el agua, ya que estamos en la cocina. Según Berners-Lee, un par de vasos de agua tienen una huella de tan solo 0,15 gramos de CO_2-eq. Por contra, una botella de medio litro de agua (la típica que encontramos en las máquinas expendedoras) suele tener una huella de alrededor de los 150-200 gramos de CO_2-eq –¡mil veces más!–, la mayor parte de la cual se corresponde con el plástico y el transporte.

Igual que con el agua sucede con el resto de lo que tenemos en la nevera y la despensa: de comprar una fruta con envoltorio de plástico y en un centro comercial al que hemos llegado en coche a hacerlo en la tienda de debajo de casa, que compra a agricultores locales, van distintos órdenes de magnitud en la huella de carbono. Y aunque no sea siempre posible encontrar aquello que queremos a una distancia razonable, sí que podemos valorar si vale la pena comprar cerezas fuera de temporada.

Pero no solo importa de dónde vienen los alimentos: igual de importante es cómo los cocinamos. No valdrá de nada ir paseando con la cesta hasta la frutería del barrio, que nos vende patatas del huerto del pueblo más próximo, si

después las hervimos de cualquier forma en casa. Una cocción ineficiente (sin tapa y con más potencia de la necesaria) puede duplicar la huella de carbono del puré de patatas que piensas hacerte para cenar. Cuando el agua hierve es porque ha alcanzado ya los 100 ºC, y no aumentará de temperatura por más que incrementes el fuego. Cortar las patatas en trozos más pequeños y utilizar una olla a presión son trucos que te harán ahorrar tiempo y dinero.

Con esta idea, la de informar sobre las consecuencias que tiene lo que pasa dentro de nuestra cocina para el calentamiento global, Ecodes (2016) ha publicado un libro gratuito y muy recomendable con el apoyo del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente: *Cocina comprometida con el clima*. Además de recomendaciones como las que hemos visto, el gran valor es que hace que luchar contra el cambio climático sea sabroso y apetezca: encontraréis decenas de recetas adaptadas a las cuatro estaciones y, debajo, su huella de carbono.

Una de las constantes en el libro de Ecodes, de Berners-Lee y de tantos otros, es la llamada a disminuir el consumo de carne roja, cuya producción se estima que provoca el 10 % de las emisiones de GEI. Tomando como base que la mayor parte de la población mundial ingiere más proteínas de las requeridas nutricionalmente, es urgente que los países que consumimos más carne de vaca y de buey de la que deberíamos reduzcamos su consumo. Producir un bistec de un kilogramo es extremadamente ineficiente en términos de huella de carbono, superficie utilizada o huella hídrica (el agua que ha sido necesaria utilizar) (Ranganathan e*t al.*, 2016). De hecho, Dinamarca se está planteando poner un impuesto específico a la carne roja, como resultado de lo que consideran una obligación moral de cambiar sus hábitos alimentarios. Y Barcelona se ha declarado ciudad amiga de la cultura vegana y vegetariana y promoverá los «lunes sin carne».

Pero estad tranquilos si os encanta un buen entrecot a la brasa: para luchar contra el cambio climático no tenéis que abandonar por completo el consumo de carne de bueyes y vacas. Solo debéis ser conscientes de lo que eso supone,

tratar de espaciarlo más y, a la vez, buscar alternativas en otros tipos de carne con una baja huella de carbono. Por ejemplo, cambiando un tercio el consumo anual de carne roja por pollo y cerdo reduciríamos el impacto ambiental de nuestra dieta alrededor de un 15 % (Waite, 2016).

Pero el impacto de la comida sobre el cambio climático no acaba con la producción, compra y cocina; ¿qué pasa con lo que nos sobra? En los países industrializados lanzamos a la basura una cantidad nada despreciable de comida, y algunos ofrecen cifras aterradoras: del 30 al 50 % de la comida producida en el mundo nunca acaba en un plato (Institution of Mechanical Engineers, 2013), unos datos que también ofrece la FAO (Organización de los Alimentos y la Agricultura de la ONU), cuantificando esta pérdida en la descomunal cifra de 1.300 millones de toneladas por año. Según un estudio (Umweltbundesamt Press Release, 2015), el rechazo de alimentos causa el 4 % de emisiones de GEI en Alemania; en el caso de ser un país, declaró Maria Krautzberger, la responsable de la Agencia Ambiental Alemana (el Umweltbundesamt), sería el tercero a escala mundial en emisiones de GEI. Un dato que, sin duda, nos tendría que ayudar a coger perspectiva y a entender que, tal como dice Krautzberger, hay pocos sectores en los que evitar el despilfarro de recursos y emisiones de GEI sea tan fácil. Francia aprobó una ley en febrero de 2016 que prohíbe a los supermercados tirar comida a la basura y, pese a que es una norma que afecta solo a una pequeña parte de la cadena alimentaria (el rechazo se produce desde el cultivo hasta el plato del restaurante o en la casa), es sin duda una buena noticia. Todo indica que la siguiente parada es el sobreembalaje; algunos supermercados han vuelto a la venta a granel y, si se regula, el ahorro puede ser muy significativo.

El potencial para reducir nuestras emisiones asociadas con las que comemos es, como hemos visto, inmenso. No es nada descabellado pensar en un recorte del 50 % de nuestra huella de carbono a la hora de evaluar la alimentación, más aún si tenemos en cuenta que parte de la población de los países ricos ingiere muchas más calorías de las que son saludables. Luchar contra el cambio climático en el campo,

en el carro de la compra y los fogones no solo nos garantiza un clima mejor de aquí a unas décadas, sino un cuerpo más saludable a corto plazo. ¡Todo son beneficios!

¿Es una buena idea abandonar el papel?

Uno de los grandes cambios tecnológicos del siglo XXI es el cambio de soporte a la hora de leer y de escribir: de hacerlo siempre en papel hemos pasado a una época en la que la mayor parte de la comunicación escrita es digital. A primera vista, podemos pensar que es positivo ambientalmente, ya que no hace falta emplear medio kilo de papel para hacer un libro, que después deberá ser transportado hasta el destinatario final. Pero no nos engañemos: nuestra actividad cultural y personal 2.0 también tiene un coste y un impacto claro en el cambio climático.

Berners-Lee nos dice que la huella de carbono de un libro como el suyo puede estar en torno al kilogramo de CO_2-eq, quizás una poco menor si el editor se preocupa de hacer una edición respetuosa con el medio ambiente. Algunos cálculos nos hablan de una huella superior para un libro típico, alrededor de 2,7 kilogramos de CO_2-eq por libro (Wells e*t al.*, 2012). ¿Y un libro electrónico? Según un estudio que compara la lectura en papel y la electrónica (Jeswani y Azapagic, 2015), hay que leer como mínimo 40 libros o 340 periódicos en estos dispositivos de tinta electrónica (no cuentan las tabletas) para que sean rentables en términos de emisiones de GEI. Berners-Lee, no obstante, no es tan optimista, y sube el número a cien libros. Lo que eso implica, libro arriba libro abajo, es que la tecnología puede incluso ayudarnos a disminuir emisiones, pero siempre que compremos de forma racional y no sustituyamos los dispositivos antes de su ciclo de vida útil, que deberemos alargar al máximo.

El papel también ha sido borrado de las comunicaciones personales: ¿quién escribe cartas hoy en día? Poca gente, aunque queden románticos de la pluma. Enviar un correo electrónico o un mensaje de WhatsApp es más rápido y,

podríamos pensar, mucho más sostenible que transportar cien gramos de papel de una punta a otra del país. Y lo es, pero... ¿no es también cierto que enviamos muchos más correos desde el ordenador o el móvil en comparación con las cartas que escribíamos en papel? Los millones de correos basura que se envían diariamente por todo el mundo implican no solo la energía que empleamos para descartarlos, sino muy especialmente aquella usada para procesarlos. Los servidores informáticos consumen energía y también agua para refrigerarlos. Si ahora tenéis la curiosidad y buscáis esta información en Google, también tendrá un coste ambiental: entre 0,7 y 4,5 gramos de CO_2-eq, según desde dónde realicéis la búsqueda. A este respecto, un truco: podéis probar el buscador Ecosia, que funciona igual y planta árboles gracias a las búsquedas. Y un año típico de correos electrónicos supone las mismas emisiones que hacer el trayecto Alicante-Bruselas en coche.

¿Cuál es el objetivo de todo esto? No es sentirse desbordados por la información, ni comenzar a ver absolutamente todo lo que hacemos como un «¡clinc!» en la caja registradora que guarda los kilogramos de carbono que vamos emitiendo debido a nuestra actividad diaria. Es sencillamente entender que la información es poder para tomar mejores decisiones. Y cada día conocemos más nuestros impactos, y por tanto podremos escoger mejor.

Movernos hacia el futuro: el transporte que vendrá

Si pensáis en transporte, y más leyendo un libro de cambio climático, probablemente os vendrán a la cabeza los tubos de escape de los coches y de los autobuses, los atascos y los cláxones. Y sin embargo, no son ni mucho menos los medios de transporte más contaminantes que usamos.

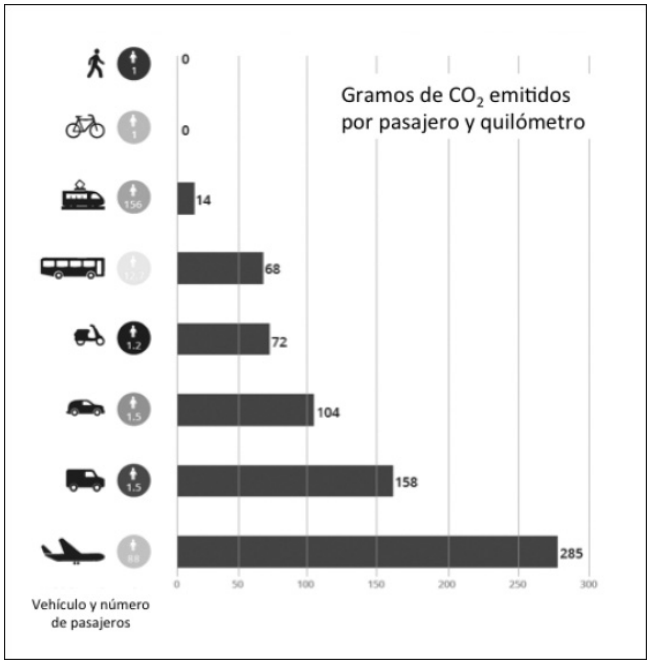

Figura 5.5 Gramos de CO_2 emitido por pasajero y kilómetro. Emisiones según el medio transporte (modificada a partir del original de la European Environment Agency) (EEA, 2016).

Los aviones son el auténtico agujero negro de las emisiones en el transporte de personas, si lo miramos según los kilos de CO_2 por pasajero, y quizá por eso se han escondido sistemáticamente bajo la alfombra en las cumbres internacionales. Monbiot, en *Calor*, trata de dibujar un escenario donde sea factible reducir las emisiones del Reino Unido un 90 % hasta el año 2030 y es capaz de hacerlo en casi todos los sectores, pero hay uno en el cual, después de darle mil vueltas, admite que no hay forma de lograr los objetivos marcados: los aviones. Dice el activista inglés que la única salida que ve es, sencillamente, coger menos vuelos. Y eso es difícil de explicar a una sociedad como la nuestra, en la que la inmensa mayoría de la población solo coge un avión cuando va de vacaciones y, por tanto, lo asocia con el ocio y el placer. Es un mensaje muy negativo que, sin duda,

no será bien recibido. Y eso es un reto. ¿Cómo evitar el rechazo?

El primer paso debería ser potenciar los medios de transporte alternativos y hacer que, para un viaje de 500 km, la mejor alternativa no sea ir al aeropuerto. Con una tasa sobre el carbono, como veremos después, se podrían recortar las emisiones y, muy especialmente, las de aquellos vuelos *prescindibles*. Si queremos ir a Montreal o Buenos Aires no hay ninguna forma alternativa –y realista– de hacerlo, pero si incorporamos los desmesurados costes ambientales de volar en el billete, seguro que el tren o el barco nos parecen buenas opciones para destinos más próximos.

En segundo lugar, será necesario informar a los pasajeros de lo que supone su trayecto, para que sean conscientes de ello, y ofrecer distintas vías para compensar las emisiones calculadas. Algunas aerolíneas, como Air France, ya disponen de calculadoras de carbono y alianzas con fundaciones medioambientales para equilibrar, en términos de GEI, su trayecto. Es todavía insuficiente, pero si la demanda de clientes crece, se lo tomarán –esperemos– más en serio.

Pero si habéis pensando en el coche antes, tampoco no ibais tan errados. Una prioridad absoluta es disminuir el tráfico de coches en las ciudades: por seguridad, por salud y porque, en la gran mayoría de trayectos, son una opción ineficiente. Y hay muchos motivos para ser optimistas. En los últimos años, distintas ciudades de todo el mundo han implantado programas de minimización del tráfico con gran éxito. Una vez que se cierra al tráfico rodado en un barrio o se restringe el uso del automóvil privado, y pasado el periodo de tensiones iniciales, las percepciones ciudadanas son casi siempre positivas. Nos encontramos en esta fase de tensión y, de la misma manera que pasa con el comportamiento social (por competición, influencia directa o imitación), es previsible que cada vez se sumen más ciudades a las que han adoptado iniciativas pioneras. Algunas son Oslo, que prohibirá la circulación de coches a partir de 2019; Barcelona con las *supermanzanas*, una nueva

forma de organizar la ciudad que resta espacio al coche; Madrid o Valencia, con zonas cerradas al tráfico que se implantarán progresivamente; Copenhague, donde solo el 18 % de los habitantes tienen un coche; o Milán, donde se premia a los conductores si dejan el coche y cogen el transporte público. Estas medidas, más allá de contribuir a la mitigación del cambio climático por el ahorro de emisiones de CO_2, mejoran también la calidad de vida de los urbanitas, ya que disminuyen la concentración de óxidos de nitrógeno y azufre, así como de partículas microscópicas (que afectan a los pulmones) y evitan en gran medida la formación de ozono troposférico, que es un potente irritador del aparato respiratorio y aparece asociado con índices elevados de polución.

Pero no solo hay que desincentivar el uso del coche mediante impuestos, prohibiciones de circulación o premios; también se puede optar por que, sencillamente, coger el coche no tenga ningún sentido. Con este enfoque, los finlandeses están proyectando cómo será la Helsinki del futuro, que integrará el transporte público y compartido, y se pretende convertir en una ocurrencia sin utilidad el hecho de poseer un coche privado. Y si incluso te lo quieres comprar, todo indica que cada vez serán más los que seguirán el ejemplo de los Países Bajos, donde se plantea prohibir la venta de vehículos de gasolina y diésel a partir de 2025. Pero ¡cuidado! El vehículo eléctrico no es una solución en sí misma: o la electricidad se obtiene de fuentes renovables, o estaremos trasladando la contaminación desde las urbes hasta las zonas rurales.

En los países mediterráneos tenemos la ventaja añadida de nuestras ciudades compactas. Frente a un urbanismo difuso (aquellas extensiones inalcanzables de casitas unifamiliares de las afueras de Londres o Los Ángeles) que prioriza el coche privado y que te obliga a usarlo incluso si quieres evitarlo, en ciudades como Valencia, Sevilla o Zaragoza tenemos una gran cantidad de servicios concentrados en muy poco espacio, hecho que evita (o debería evitar) el uso masivo del coche y facilita la implantación del transporte público. El urbanismo también determina el transporte, y es clave no solo preservar, sino

potenciar el modelo de ciudad compacta, mucho más eficiente energéticamente, potenciando la rehabilitación de las viviendas céntricas. Lo que hay en los planos se traduce también en toneladas de GEI emitidas en la atmósfera, y un buen diseño urbano permite ahorrar una gran cantidad de ellas.

Más allá del consumidor, más allá del habitante

Nuestra vida está basada en tomar decisiones de forma continua; muchas son irrelevantes, y otras se nos presentan como transcendentales. Pero quien toma las decisiones no es un consumidor, ni un cliente, ni tan solo un habitante: es un ciudadano. Y como ciudadanos, tenemos un poder inmenso. Podemos optar por una opción política u otra en función de si ponen el cambio climático y la desigualdad que generará sobre la mesa, como dijo DiCaprio en su discurso. Podemos actuar como consumidores que deciden informarse y que toman decisiones de forma racional. Podemos ser una inspiración para el resto de la sociedad. Podemos liderar cambios y exigencias que transformen nuestro entorno. Podemos ir acumulando recortes de emisiones como quien colecciona piedras de la playa, sin hacer ruido, y sin embargo construyendo algo duradero y con significado. Podemos hacer mucho dentro de casa, y también afuera.

Hace unos pocos años, nadie pensaba en expulsar los coches de las ciudades, al contrario: la planificación urbana consistía, habitualmente, en añadir rondas de circunvalación para absorber una demanda siempre creciente que nadie osaba cuestionar. Y hoy estamos en el punto opuesto, acercándonos al punto de inflexión en el que será extraordinariamente complicado que volvamos a ver una ciudad colapsada por vehículos privados, de la misma forma que ahora, en España, nos parece inconcebible estar cenando al lado de alguien que está fumando.

Como decía Monbiot, luchar contra el cambio climático es también luchar contra nosotros. Es cambiarnos, mutar y atisbar la posibilidad real de progresar en el propio camino

de la transformación. Podemos luchar y vencernos, y hacernos mejores. *Debemos* vencer. *Sabemos* ser mejores.

JUSTICIA, ECONOMÍA Y EL RETORNO DEL PODER

Rachel Carson fue una bióloga estadounidense que llamó la atención sobre las implicaciones negativas sobre la biota de Estados Unidos de las fumigaciones de cultivos con DDT. Escribió un libro emocionante, *Primavera silenciosa*, que removió conciencias de un extremo a otro de su país. Su título hacía alusión al día en que no habría ningún canto de pájaros en la primavera por los efectos del DDT. Es considerado como la pieza fundacional del ecologismo norteamericano moderno, y su papel va mucho más allá de la repercusión alcanzada entre naturalistas y *hippies*. Durante los años sesenta y setenta se aprobaron en EE. UU. numerosas leyes sobre la calidad del aire, las aguas y la tierra. Se detectó un problema y se actuó en consecuencia.

Hoy, en cambio, confiamos ciegamente en un mecanismo que ha demostrado en reiteradas ocasiones su incapacidad para hacer frente a los problemas ambientales. El libre mercado no es eficiente en términos ecológicos, porque si nadie le dice que tiene que incorporar determinadas externalidades negativas (esto es, costes de un producto o servicio que no están incluidos en el precio final, como lo sería el hecho de fijar el carbono emitido en la fabricación de un lápiz), el mercado, sencillamente, no lo hará. Si el estado no lidera, y lo hace con el arma más poderosa que tiene –las leyes–, difícilmente lo seguirá nadie.

¿Justicia climática?

En enero de 2014, Richard Heede (2014), director del Instituto de Cambio Climático de Colorado, publicó un artículo sobre emisiones de GEI que tendría implicaciones

años después. Heede no cuantificó estas emisiones por sector o país, sino por empresas. Identificó las noventa empresas energéticas que habían contribuido a la emisión del 63 % de los GEI. Cuando les apuntara el dedo acusador, ¿cuánto tardarían en ser formalmente incriminadas? Más aún cuando algunas, como Exxon, conocían la problemática desde hace décadas y la ocultaron conscientemente (McKibben, 2015).

Ya lo sabemos: en octubre de 2016, cuarenta y siete grandes compañías entre las noventa señaladas por Heede se sentaron ante la Comisión de Derechos Humanos de las Filipinas (Ron, 2016), un país en el cual los tifones de los últimos años han dejado miles de muertos y centenares de miles de desplazados. Pero no es el único caso en el que la justicia está comenzando a intervenir en cuestiones climáticas: ciudadanos de todo el mundo están interponiendo demandas contra su propio gobierno o empresas petroleras (Schwartz, 2016). A pesar de la complejidad legal (encontrar un responsable claro es complicado), algunos procesos están progresando. Es el caso de una demanda de adolescentes y niños en Oregón, EE. UU., en un caso que, si llega finalmente a juicio y se resuelve, sería todo un precedente y un icono, porque obligaría al gobierno más poderoso del mundo a tomar más acciones para mitigar el calentamiento global. La base para demandar al gobierno en estos casos no es tanto de quién es la culpa del cambio climático como el hecho de que los gobiernos tenían conocimiento de ello desde hace tiempo, y lo han ignorado hasta fechas recientes. Es también el caso de Pakistán, donde un estudiante de derecho ha demandado al gobierno por los retrasos a la hora de implementar políticas contra el calentamiento global, o el de Nueva Zelanda, donde otra estudiante de derecho ha demandado al ejecutivo.

Y sí, ya ha habido victorias: en 2015, una sentencia de la justicia holandesa, sin precedentes en todo el mundo, obligaba al gobierno a reducir la emisión de los GEI, y aumentaba el objetivo del 16 al 25 % de reducción (Ferer, 2015).

Un motivo de optimismo en la lucha contra el cambio

climático es que hace solo cinco años estas acciones legales parecerían obra de un loco. Pero, en la justicia, todo se acelera una vez comienza a haber precedentes legales. Las primeras sentencias por daños ambientales, hace décadas, costaron muchos años de litigios, pero ahora son un proceso más. Es muy posible que eso mismo acabe pasando con las demandas con motivo del calentamiento global, a las que ahora vemos como una lucha heroica e improbable pero que de aquí a veinte años sean una de nuestras mejores herramientas para luchar contra el cambio climático.

Tasas, papeles y cómo dar significado al desarrollo sostenible

Antes de nada, hay que hacer una distinción clara entre las dos disciplinas de la economía que se ocupan del medio ambiente, y que no son sinónimas: la economía ambiental y la economía ecológica. La ambiental es una versión teñida de verde de la economía neoclásica que impera actualmente, tratando de hacer una asignación óptima de recursos y de disminuir la contaminación mediante herramientas tradicionales. La economía ecológica, mucho más difusa como campo de estudio, incluye desde el principio las variables ambientales, entendiendo que *toda* la economía es una actividad humana que se desarrolla dentro de la biosfera, y que, por tanto, es esta la que tiene que dirigir el crecimiento o, incluso, el decrecimiento. Por poner un ejemplo: a una empresa tecnológica se le exige actualmente que venda cada vez más teléfonos. Los recursos materiales, sin embargo, son finitos por definición; mientras que la economía ambiental tratará de optimizar su producción y garantizar la subida permanente de producción (eso sí, incluyendo medidas para contaminar menos), la economía ecológica no asumirá en ningún caso que siempre se puedan aumentar las ventas del año anterior. Si lo hemos podido hacer hasta ahora es porque hemos explotado un número creciente de recursos naturales, y porque el volumen que somos capaces de extraer ha aumentado exponencialmente.

Pero la Tierra, por grande que sea, no es ilimitada. El término *sostenible*, como señala el economista José Manuel Naredo (1999), parece haberse constituido, gracias a la engañosa simplicidad y la inherente ambigüedad, en un puente de consenso entre los *desarrolladores* y los *ambientalistas*. El caso, sin embargo, es que la *sostenibilidad* de la economía, si la entendemos no como el crecimiento indefinido medido mediante indicadores como el PIB, sino como la posibilidad de asegurar el bienestar manteniéndonos por debajo de la tasa de renovación de los recursos naturales, es siempre *ambientalista*, porque asume que la economía es una esfera del mundo que está condicionada y tiene que incluirse, sí o sí, dentro de la naturaleza. La economía ambiental es una herramienta útil que puede ayudarnos a disminuir los impactos de nuestras actividades, y que puede ejercer también como guía de nuestro comportamiento ambiental, pero el papel que debería tener, si verdaderamente nos creemos que tenemos que avanzar hacia la sostenibilidad, es el de facilitar la transición. Nos puede ayudar de muchas formas distintas a superar esta crisis ambiental y, al mismo tiempo, a vislumbrar un futuro en el que la economía ecológica no sea tratada como una utopía inalcanzable, sino como el siguiente paso lógico que hay que dar.

La economía ambiental nos dice que subir el precio de un bien o servicio es una de las formas más eficientes de limitar sus ventas o su consumo. Un caso muy gráfico que lo ilustra es el de las bolsas de plástico de los supermercados. El compromiso de la Unión Europea es que a partir de 2018 no se entreguen de forma gratuita, aunque ya hay algunos países que han empezado a implantar la medida. El caso del Reino Unido es paradigmático: con un recargo de tan solo cinco peniques por bolsa, el uso ha caído un 85 % (Smithers, 2016).

En Estados Unidos, donde se libra una de las grandes batallas de la economía regulada contra el libre mercado sin ninguna clase de restricciones, se actualizaron en 2015 los estándares de eficiencia energética (USA Energy Department, 2015). En el caso concreto de los aparatos de aire acondicionado, se estima que reducirá en un 1 % el uso de

energía en Estados Unidos (Pérez-Colomé, 2016). Una cifra nada despreciable, y que nos da una buena muestra del poder de la Administración sobre el uso eficiente de los recursos. La libre regulación del mercado no había hecho nada, pero la Administración puede. Resulta evidente quién tiene que liderar la implantación de medidas ambientales.

Otro ejemplo: ¿se autoimpondrá el mercado un impuesto para el carbono? Tenemos motivos para dudarlo, a pesar de que sabemos que es absolutamente prioritario, como hemos visto, dejar gran parte de las reservas de combustibles fósiles bajo tierra. Afortunadamente, está creciendo de forma gradual el consenso para crear un impuesto cada vez más alto sobre los GEI, y así lo refleja incluso el Banco Mundial, que considera poco fundados los temores sobre la pérdida de competitividad que se derivaría de una tasa para el carbono, y que explicita que poner precio al carbono no es un impedimento para el crecimiento económico (Carbon Princing Leadership Coalition/ World Bank, 2016). Suecia, que introdujo la tasa en 1991, tiene el precio más alto del mundo para una tonelada de CO_2-eq (137 €), y ha crecido de forma notable al mismo tiempo que reducía las emisiones (World Bank, 2016). Ha sido capaz de *desacoplar* el crecimiento de la emisión de GEI, una tendencia que se ha podido observar en más países del mundo desarrollado (EU Environment Agency, 2016*a*), y que representa uno de los objetivos de la economía ambiental: sostener el desarrollo con cada vez menos recursos materiales. Un informe de 2016 de la Agencia Europea del Medio Ambiente (EU Environment Agency, 2016*b*) identifica hasta cuarenta y dos instrumentos económicos actualmente en uso en Europa que tienen menos costes administrativos y tasas de evasión que otros impuestos. Tal y como admite la propia UE, estas herramientas legales son imprescindibles para una transición hacia una economía verdaderamente *verde*, y no un fin en sí mismo.

Pero poner precio al carbono o implementar otros impuestos verdes no constituyen la única solución para luchar desde un plano económico contra el cambio climático. De hecho, ni tan solo es la más transformadora para que nos garanticen un uso más eficiente, pero uso

después de todo. ¿Hay alternativas? Las hay. Una de las herramientas más potentes de las que disponemos los ciudadanos es elegir dónde ponemos nuestro dinero ahorrado, por poco que sea. Y quizá tú –como yo– tienes una cuenta de ahorro muy escasa o inexistente, pero tu ciudad o tu país no. Tu universidad, si estudias o trabajas en una, tampoco. Y en todas estas deberíamos tener poder de decisión. La desinversión en combustibles fósiles es tan sencilla como sacar el dinero de las compañías que explotan estos recursos. Si queremos que dejen bajo tierra gran parte de su capital físico, y que al mismo tiempo tengan un protagonismo cada vez menor en la economía mundial, no hay una forma más rápida y más directa de hacerlo que dejándolos sin recursos económicos. Si no quieres que Shell explote el Ártico, no le des dinero a Shell, pero no solo en la gasolinera: tampoco en la bolsa. Otras campañas de desinversión previas, que han logrado éxitos notables, habían puesto el punto de mira en el *apartheid* sudafricano o las compañías tabacaleras.

El movimiento de desinversión en combustibles fósiles surgió hace unos años en algunos campus de Estados Unidos, y pese a que a primera vista pareciese una mezcla irrealizable de teoría académica y *hippismo* irredento, se ha ido extendiendo como – valga la ironía– una mancha de aceite, creciendo a un ritmo más grande que otras campañas previas (Standed Assets Programme, 2013). Poco a poco, se han ido sumando auténticos tótems de la academia como la Universidad de Standford, y en Europa la Universidad de Glasgow fue la primera que retiró sus fondos de la industria del combustibles fósiles en 2014 (Brooks, 2014), el mismo año en que el secretario general de la ONU, Ban Ki-moon, animaba a los fondos de pensiones para que abandonaran las inversiones en estas empresas. Desde entonces, el movimiento se ha acelerado: en el momento en que escribo esto, Sydney se ha comprometido a desinvertir en combustibles fósiles sea cual sea el resultado de las elecciones (Slezak, 2016*a*), hecho que representa un paso de gigante a la hora de poner el cambio climático como un asunto más allá de tensiones partidistas –lo que es especialmente relevante en un país como Australia, donde la

división política que suscita el calentamiento global es comparable con la de Estados Unidos–. En el mismo país, cuatro órdenes católicas han seguido las llamadas del papa Francisco, quien ha hecho de la preservación del medio ambiente uno de los ejes de su papado, y en junio de 2016 (Slezak, 2016*b*) anunciaban que no invertirían más en energías sucias. Incluso se han sumado aquellos que no esperaríamos ver involucrados en ello, como la Fundación Rockefeller o el gobierno de Noruega (Milne, 2015), cuya riqueza proviene, en gran parte, justamente del petróleo.

Evidentemente, hay críticos del movimiento. Algunos, como Nicholas Stern, el autor del famoso informe británico que en 2006 alertaba de los peligros del cambio climático para la economía, piensan que es más útil una aproximación directa a las compañías y tratar de hacer que cambien con incentivos, no abandonándolas. Otras críticas hacen referencia al hecho de que, efectivamente, el dinero que puede movilizarse mediante la desinversión es limitado, incluso si todos los fondos de pensiones y las universidades del mundo retiraran sus ahorros en energías sucias.

Pero lo que es innegable es el poder inspirador. Por una parte, hay un movimiento que pasa de la teoría a la práctica en pocos años, y en el que el activismo consigue frutos directos (como el caso de Sydney) y que, además, implica más ganancias para los que se adhieran, teniendo en cuenta la rentabilidad cada vez más mayor (Watson, 2016) de las energías limpias a las que va a parar parte del dinero. Por otra, la aceleración es increíble y esperanzadora, y quizá ahora las compañías del petróleo, gas y carbón no se sienten amenazadas, pero ¿qué pasará cuando la lista de ayuntamientos, universidades, gobiernos e incluso empresas privadas comience a crecer de forma imparable? Hay una cosa que a estas grandes compañías les importa aún más que el dinero, y es la reputación. Si la universidad a la que va tu hija, el ayuntamiento que te gobierna y el fondo de pensiones de tu país han dicho adiós al dinero manchado de hollín y aceite, es muy probable que tú también te plantees que hay que alejarse de eso, y te preguntes qué alternativas tienes a tu alcance.

Es imposible no albergar la esperanza de que los motores del estado y la ciudadanía se pondrán en marcha. Accionarlos cuesta tiempo, pero cada vez hay más señales que nos indican que empiezan a caminar juntos. La justicia, que apenas está descubriendo su papel en la cuestión climática, puede ser un revulsivo clave. Y tenemos bastantes herramientas de economía ambiental para reconducir el crecimiento hacia una sostenibilidad con significado y profundidad, una nueva etapa que, una vez alcanzada, nos permitirá plantear con más garantías de éxito el paso definitivo hacia la economía ecológica.

PONGÁMONOS A DIETA (ENERGÉTICA)

Quizá, cuando habéis leído el título de la quinta parte, pensabais que me pasaría cincuenta páginas elucubrando sobre las opciones que tenemos para detener el cambio climático desde una perspectiva energética. No lamento haberos defraudado, porque espero haberos mostrado que no es la única vía para luchar contra el calentamiento global, y que solo tendrá éxito si estamos convencidos de ello, sabemos comunicar el reto y poseemos las herramientas legales y económicas apropiadas y las implementamos.

Pero quizá también os contrariará saber que no encontrareis aquí ninguna fórmula magistral para sustituir nuestro consumo de energía actual por energías renovables. Sencillamente, no es posible. Y sin embargo –o justamente por eso– el futuro es aún más esperanzador: porque nos obliga a ser más inteligentes que el simple hecho de cambiar un enchufe por otro.

Desacoplando el futuro

Ya hemos visto que Suecia ha sido capaz de crecer al mismo tiempo que disminuía las emisiones de GEI. ¿Es eso

exportable al mundo? Contra lo que pensábamos, parece que sí. O que, al menos, no es imposible.

El año 2015 ha sido el primero de crecimiento en el cual se tiene constancia de un descenso de las emisiones antropogénicas de CO_2 consecuencia del aprovechamiento energético, gracias en gran parte al menor consumo de carbón de China. Así lo previó a finales de 2015 un estudio publicado en *Nature* (Weiss, 2015) y confirmado posteriormente por la Agencia Internacional de la Energía (International Energy Agency, 2016).

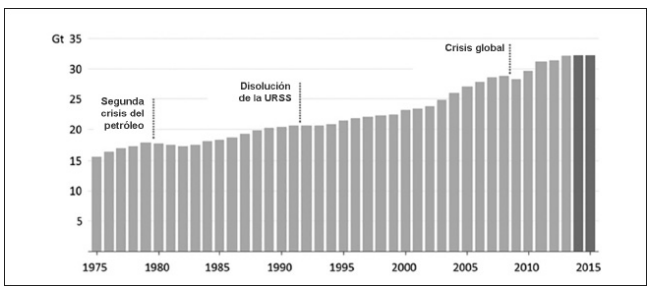

Figura 5.6 Estimación de las emisiones de CO_2 a escala mundial proveniente del consumo de energía (modificado a partir de una figura original del IEA).

Pero una pequeña disminución de las emisiones no es suficiente. Continuamos emitiendo muy por encima de lo que puede absorber el planeta de forma natural, y, por tanto, la concentración de CO_2 continúa aumentando en la atmósfera, como refleja la curva Keeling cada mes.

Gracias y hasta nunca, combustibles fósiles

Un error común del discurso ambiental es presentar los combustibles fósiles como los malos de la película desde su inicio, porque no lo son. Por contra, les deberíamos agradecer muchas cosas: habernos permitido una movilidad impensable hace trescientos años, una explosión sin precedentes de la agricultura, la construcción de mejores ciudades, internet, tecnología sanitaria que parece de ciencia

ficción o el conocimiento del universo profundo. Nada de eso hubiera sido posible sin energía abundante y barata. No podemos culpar a nuestros antepasados por construir coches más potentes y barcos más grandes, pero nuestros descendientes sí que nos culparán a nosotros si no abandonamos los combustibles fósiles ahora mismo.

Nos hemos dado cuenta de que había un efecto secundario que desequilibraba la balanza, y sería de locos obviarlo por más tiempo. Pero es que incluso sin estas consecuencias indeseables sería imposible mantener el idilio más allá de unas cuantas décadas o (como máximo) un par de siglos. La pregunta es evidente: ¿qué hacemos?

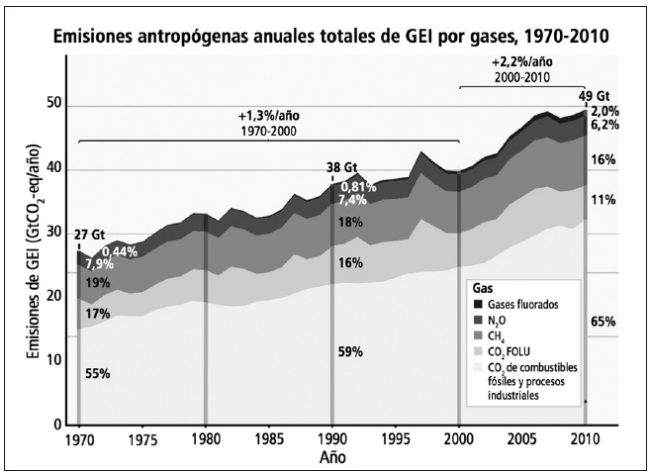

Figura. 5.7 Emisiones de GEI por causas humanas 1970-2010 (modificada a partir del original del AR5 del IPCC).

Evitando el iceberg a bordo del Titanic

Es fácil imaginar que, cuando vislumbró el iceberg que acabó hundiéndolo, la tripulación del Titanic no se quedó de brazos cruzados. Incluso asumiendo que la colisión era imposible de evitar, girarían al máximo el timón para minimizar los daños. Y de eso se trata ahora: hemos visto, mucho más de cerca de lo que querríamos, un enorme iceberg. Según todos los cálculos, chocaremos contra él, pero de los daños depende que se salve todo el pasaje o solo los más ricos, los que se podrán permitir cambiar de casa, comprar alimentos más caros o continuar viajando. ¿Cómo de grande queremos que sea la grieta en el buque? ¿1,5 ºC? ¿2 ºC? De hecho, si somos inteligentes, podremos continuar navegando con unas cuantas reparaciones.

¿Cómo girar el timón? Con ahorro y con una transición acelerada hacia las energías renovables. Necesitamos emplear menos energía en cifras absolutas (no solo por unidad de riqueza producida), y que esta provenga de fuentes renovables. A pesar de que el gas natural contribuye menos al calentamiento global que el carbón o el petróleo, no es ninguna solución definitiva. De la misma forma que el biofuel, que requiere una gran cantidad de cultivos, desestabiliza los mercados de alimentos mundiales (si utilizamos maíz para hacer funcionar el coche subirá su precio y mucha gente no se lo podrá permitir para comer) y no proporciona en ningún caso garantía de una reducción significativa de emisiones. Tampoco es la solución quemar árboles y plantar nuevos, que teóricamente implicaría un balance cero de emisiones; mientras que la emisión se produce ahora mismo, justo cuando tenemos que hacer todo lo posible para reducirla, la captura del carbono se producirá a lo largo de décadas.

Otra pregunta recurrente es: ¿puede la energía nuclear ser la solución a los problemas del abastecimiento de

energía? Muchas personas se lo han planteado seriamente, e incluso algunos ecologistas, como James Lovelock, el autor de la teoría de Gaia, la han defendido encarnizadamente. Y pese a que si bien es cierto que durante su funcionamiento no se emite CO_2 y son mucho más seguras de lo que mucha gente quiere hacer creer, no: ni hay bastante combustible, ni podríamos construir las centrales lo bastante rápidamente, ni podríamos obviar los problemas de seguridad de sembrar el mundo de reactores nucleares y, más importante aún, los residuos que se generarían. Eso no implica que sea necesario cerrarlas repentinamente y, de hecho, no es nada recomendable. Los casos de Japón, que cerró las nucleares después del grave accidente de Fukushima de 2011, o de Alemania, que siguió su ejemplo y ha frenado en seco su descenso de emisiones por la sustitución por carbón, nos indican que no es buena idea renunciar de un día para otro a la energía nuclear. Lo que sí que está en nuestras manos es hacer que, si así lo decidimos entre todos, sea prescindible cuanto antes mejor.

Y llegamos donde teníamos que llegar: a las energías renovables. Si hablamos de energía solar, cualquier dato que reproduzca aquí se quedará antiguo el día siguiente, pero hay uno que debería ser suficientemente significativo: ya es más barata que el carbón en algunas zonas, donde se ha pagado a menos de tres céntimos el kilovatio/hora (Jiménez, 2016). El progreso tecnológico ha dejado boquiabiertos incluso a quienes siguen la evolución del mercado desde hace años. Y si a eso sumamos que cada vez más países disponen de un marco legal favorable (por desgracia, no es el caso de España), y nuevos incentivos económicos (más dinero procedente de desinversión en energías sucias o de tasas finalistas que se les imponen), lo único que podemos esperar es que los costes continúen bajando. Y este es otro caso en el que encontramos un ciclo de retroalimentación esperanzador: cuanto más barata sea la energía solar, más demanda habrá, y cuanto más dinero mueva el mercado, más desarrollo tecnológico, hecho que implicará una nueva bajada de precios. Actualmente, este ritmo se acerca al 10 % de reducción anual del precio, o incluso lo supera, especialmente en Estados Unidos, donde se está viviendo

una auténtica revolución solar (Roberts, 2016) y la realidad ya ha superado las previsiones más optimistas. La gran ventaja de la energía solar es que, además, no depende de grandes infraestructuras y puede diseminarse por el territorio a voluntad.

La energía eólica está experimentando un auge sin precedentes también en China o, de forma muy particular, en Dinamarca. Este pequeño país europeo ha sido objeto de estudio los últimos años, por su transición energética y también por el desarrollo tecnológico relacionado con las turbinas eólicas de un tamaño nunca visto. Quizá por la mala conciencia de ser uno de los países con una mayor huella de carbono por habitante, Dinamarca se ha impuesto unos objetivos muy estrictos: en 2020, el 50 % de su electricidad deberá provenir de las turbinas eólicas. Y según Justin Gerdes (2016), un periodista estadounidense que ha escrito un libro sobre el caso danés, está en el camino de conseguirlo, hecho que implicaría cumplir los objetivos de París muchos años antes de lo estipulado. La Unión Europea, de hecho, ya ha logrado seis años antes los objetivos de consumo energético marcados para 2020, y el ahorro equivale a todo el consumo energético de Finlandia en 2014 (Bertoldi e*t al.*, 2016).

Obviamente, las energías renovables tienen problemas inherentes. El primero la red de distribución, que debería ser relativamente fácil de adaptar con la inversión necesaria. El segundo, sin embargo, es de momento más complejo: ¿cómo almacenamos la energía? El sol no luce siempre, ni el viento sopla a todas horas. Necesitamos, por tanto, ser capaces de guardar esta energía para cuando la necesitemos los días nublados o sin viento. Y pese a que se está avanzando muchísimo en los nuevos materiales, aún no lo tenemos resuelto. El sistema que se emplea en algunas centrales nucleares (que se ven obligadas a almacenar energía de alguna forma, ya que el consumo nocturno es menor pero no pueden parar la producción) es el de bombear agua a un punto elevado, para después obtener energía hidráulica durante los picos de demanda, pero el impacto ambiental y la poca flexibilidad lo hacen recomendable solo en casos muy concretos.

La reflexión que hay que hacerse es: ¿podemos ir más rápidamente? ¡Por supuesto! Algunos países o regiones, como Costa Rica o la isla canaria de El Hierro, son capaces de estar días sin utilizar combustibles fósiles. En el caso del país centroamericano, que posee unas condiciones naturales idóneas, en el momento en que escribo estas líneas lleva 76 días ininterrumpidos abasteciéndose solo de energías renovables: dos meses sin quemar ni petróleo, ni gas, ni carbón. Los automóviles, claro, aún utilizan gasolina; por eso cambiar la movilidad urbana, como hemos visto, es tan importante.

Y sin caer en esta confianza ciega en la tecnología que tan poco nos ha beneficiado, es imposible no ser optimista. Solo hay que echar una ojeada a las revistas especializadas para ver a qué ritmo se avanza y lo cerca que estamos de cambios tan trascendentales como conseguir hidrógeno, un posible combustible limpio cuya combustión no emite GEI, directamente de los paneles solares (Herkewitz, 2016). O bien hojas biónicas que nos proporcionen combustible con una emisión neta de carbono igual a cero (Biello, 2016).

Pero es necesaria una última reflexión. Si tenemos éxito, si hacemos la transición energética y conseguimos cortar progresivamente nuestra dependencia del carbono, del petróleo y del gas..., ¿qué haremos de esta nueva energía? Porque el caso es que, si seguimos utilizándola como hasta ahora, nos continuaremos encontrando ante un problema monumental. En un artículo de julio de 2016 en el periódico inglés *The Guardian*, el antropólogo Jason Hickel (2016) escribía:

> Respecto al cambio climático, el problema no es solo el tipo de energía que estamos usando, es qué estamos haciendo. ¿Qué haríamos con un 100 % de energía limpia? Exactamente lo que estamos haciendo con los combustibles fósiles: arrasar más bosques, construir más granjas de carne, expandir la agricultura industrial, producir más cemento y llenar más vertederos. Todos ellos bombearían cantidades mortales de gases de efecto invernadero en el aire. Haremos estas cosas porque nuestro sistema económico exige un crecimiento económico sin fin, y por alguna razón no hemos pensado en cuestionarlo.

Cuestionarlo, como pide Hickel, no es incompatible con el progreso. La energía es una herramienta, y nuestra es la decisión de qué hacer con ella. ¿Y si en lugar de continuar arañando la Tierra pensamos en restaurarla? ¿Y si nos ponemos de acuerdo con los bosques, los océanos, las marjales y los pastos para caminar, todos juntos, de retorno a un clima más saludable y seguro?

EL ARMA OCULTA DEL PLANETA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO

Es verdaderamente sorprendente cómo hemos descuidado la naturaleza a la hora de plantear soluciones para el cambio climático. Obsesionados con las salidas de emergencia (como las que veremos en el siguiente capítulo), el desarrollo tecnológico y las regulaciones económicas, no nos hemos dado cuenta de que siempre hemos tenido un aliado poderosísimo. Sin misticismos y tampoco sin atribuirle intencionalidad, pero sin negarle tampoco un papel primordial, el planeta Tierra es él mismo un arma contra el cambio climático.

De fuente a sumidero: el camino necesario de la restauración ambiental

Que la Tierra tiene procesos de autorregulación para conservar los sucesivos equilibrios que ha transitado es sobradamente conocido; si no tuviera resiliencia, el cambio climático habría sido inmediato. El problema es que, como hemos visto antes, hemos ido socavando los ciclos naturales que tendían a la autorregulación, y potenciando, por el contrario, aquellos que exacerbaban las perturbaciones. Felizmente, parte de la investigación ecológica está redirigiéndose hacia la identificación de aquellas características que contribuyen a la resiliencia de los

ecosistemas en un contexto de cambio climático.[2] Un estudio de 2016 (Seddon *et al.*, 2016) fue capaz de evaluar de forma cuantitativa qué regiones eran capaces de amplificar la respuesta climática, entre las cuales se encontraba la tundra ártica, la estepa y la pradera de Asia Central y América del Sur y del Norte, las regiones alpinas o parte del cinturón boreal, entre otras. Este es el primer paso para saber dónde nos hemos de fijar y también dónde tenemos que actuar de forma prioritaria.

Porque una de las buenas noticias es que si protegemos y restauramos los ecosistemas, estos pasan de ser emisores a sumideros de GEI: vuelven a ser capaces de fijar CO_2. Un cálculo reciente y ciertamente optimista de The Nature Conservancy estima en un 35 % la posible contribución a la reducción de emisiones si los ecosistemas estuvieran bien conservados (Arévalo, 2016), incluyendo los océanos. Y pese a la imprecisión inherente a estos números, el camino parece claro: no se trata de reducir solo las emisiones mediante el enchufe de casa y la gasolinera.

Pero las cosas no son tan sencillas. Un día me encontraba ofreciendo una charla sobre cambio climático en un pueblo cuando, en el turno de preguntas, una mujer se levantó y después de mostrar su preocupación sincera por el calentamiento global me preguntó que por qué no nos poníamos a plantar árboles como locos, si parecía evidente que eso atraparía gran parte del CO_2 del aire al mismo tiempo que mejoraba el paisaje y las montañas. Si bien es cierto que todo parecen ganancias, hay que ir con mucho cuidado: una restauración ambiental mal hecha puede empeorar la situación, en lugar de mejorarla (Geiling, 2016). El ansia de muchos gobiernos y ayuntamientos por plantar árboles, especialmente en días señalados con niños, no es la mejor manera de ayudar al medio ambiente, pese a que sea un símbolo poderoso. Se tiene que hacer bien, con unas directrices técnicas claras y una planificación rigurosa. Y entonces sí: podremos transformar un bosque degradado, que emite GEI, en un sumidero capaz de volver a fijar carbono. Y también, si comenzamos a consumir menos carne roja, podremos ir recuperando pastos y transformándolos en ecosistemas más resilientes y capaces de capturar grandes

cantidades de CO_2.

Lo mismo pasa con las zonas húmedas, de las que aún sabemos poco sobre la manera en que almacenan el carbono, aunque tenemos clara una cosa: hemos obviado demasiado tiempo los humedales en los balances de emisiones y capturas de carbono. Ofuscados por los posibles ciclos de retroalimentación positivos, que convertirían los humedales boreales en inquietantes chimeneas de metano, justo ahora empezamos a comprender cómo nos podemos beneficiar de ellos: una hectárea de manglar captura unas cuantas veces más carbono que una de bosque tropical. La mitad del carbono capturado en el océano, de hecho, tiene lugar en zonas costeras (aquello que se conoce como *carbono azul*) (Editorial «Blue Future», 2016).

Los humedales, sin embargo, no solamente tienen capacidad de secuestrar carbono, sino también de almacenarlo en cantidades enormes, comparables con otros ecosistemas terrestres que ocupan extensiones mucho más vastas. Y justamente por eso es tan importante preservarlos y hacer una buena gestión de ellos, porque si bien nos pueden ayudar a mitigar el cambio climático, un mal manejo de estos puede hacer que se conviertan en emisores netos de carbono, con lo que contribuiríamos aún más al gravísimo problema que es el calentamiento global. En este contexto se inscriben numerosos trabajos de investigación de todo el mundo, uno de los cuales se lleva a cabo en territorio valenciano: el proyecto Carbosink,[3] liderado por el profesor de la Universitat de València Antonio Camacho. Según Camacho, los humedales, uno de los ecosistemas biológicamente más activos del planeta, «pueden ser modificados con buenas prácticas de gestión y de restauración que mejoren el estado de conservación de los ecosistemas y que, paralelamente, ayuden a secuestrar carbono atmosférico para mitigar el cambio climático».

Pero no nos olvidemos de la dimensión física. Los humedales se sitúan en primera línea ante la amenaza, real y presente, de la subida del nivel del mar causada por el cambio climático, un proceso, como hemos visto, que se espera que se intensifique las próximas décadas y que ya se

está percibiendo como una consecuencia presente y no teórica en Estados Unidos (Gillis, 2016). Son nuestra protección más inmediata ante las tempestades, la intrusión salina y el avance imparable de los océanos, hechos que vimos con una claridad terrible en 2005 después del paso del huracán *Katrina* en EE. UU. ¿Habría sido igualmente catastrófico con una costa con pantanos y humedales en buen estado? Difícilmente.

El suelo, un aliado en la sombra

Hablar de suelo y cambio climático es hacerlo, casi inevitablemente, de la desertificación, y hacerlo además en un tono pesimista –más aún desde una perspectiva mediterránea–. De hecho, los usos del suelo, junto con el monte (fundamentalmente, incendios), son responsables del 24 % de las emisiones mundiales de GEI, una cifra comparable con la producción de electricidad y calor (25 %).

Pero, de la misma manera que podemos girar la tortilla en el caso de los bosques y de las marjales, también lo podemos hacer con los suelos. Con buenas prácticas agrícolas, que consisten fundamentalmente en un riego eficiente, una gestión cuidadosa y circular de la materia orgánica, una cosecha no agresiva, la rotación de cultivos o prácticas agroforestales respetuosas con el suelo, podemos llegar a secuestrar entre un 5 y un 15 % de las emisiones mundiales de GEI (Lal, 2004).

Y además nos jugamos algo más que las emisiones de CO_2 o el paisaje. A pesar de producir comida suficiente para 10.000 millones de personas según la FAO y ser *solo* 7.000, hay centenares de millones de seres humanos que pasan hambre. Si admitimos que la causa que provoca el hambre mundial es la pobreza y la desigualdad, y no la escasez (Holt-Giménez e*t al.*, 2012); que la agricultura ecológica obtiene unos rendimientos alrededor del 25 % menores que la convencional (Seufert *et al.*, 2012), pero a la vez incorpora gran parte de las prácticas necesarias para

conservar el suelo (Gattinger, 2012)..., ¿no sería inteligente plantearse renunciar a parte del rendimiento agrícola a cambio de una mejor redistribución de la comida? Es un tema ciertamente complejo, con multitud de aristas y aproximaciones (como la que plantea la agricultura integrada, por ejemplo, que trata de unir lo mejor de la convencional y la ecológica), pero de lo que no tendríamos que tener dudas es de que estamos moralmente obligados a poner fin al hambre en el mundo, así como, aunque sea por egoísmo, conservar las funciones ecológicas y agronómicas del suelo.

La decisión que se nos pone delante es clara: por una parte, los suelos nos pueden ayudar a mitigar el cambio climático de forma notable. Por otra, si continuamos desatendiendo su papel y maltratándolos, la degradación será imparable, y el proceso de formación de un suelo rico y bien estructurado se mide en siglos e incluso en milenios, no en décadas. Perder el suelo implica perder todo lo que hay por encima de él y a todo lo que le daba sustento. La buena noticia no es solo que no todo está perdido, sino que sabemos cómo revertirlo y, al mismo tiempo, construir un mundo más justo.

Nos jugamos gran parte del pastel del calentamiento global en los usos que damos al suelo. Tanto da si apostamos por la energía nuclear o la solar, si dejamos el coche en el garaje o cocinamos de forma eficiente; si no nos esforzamos firmemente por restaurar la salud de los ecosistemas y del suelo, de poco valdrá. El buen uso de la tierra que pisan los agricultores es un auténtico seguro contra la barrera de los 2 ºC.

La ilusión de hacernos un planeta a medida

¿Dirán nuestros nietos que cambiamos demasiado poco la Tierra?
Ross Andersen

Si el problema es el exceso de GEI, en particular de dióxido de carbono, ¿por qué no extraerlo de la atmósfera? O mejor aún, ¿podríamos plantearnos bloquear parte de la luz solar con un aerosol? Estas dos ideas sintetizan las líneas principales de lo que se ha bautizado como *geoingeniería*, aunque hay otras tecnologías que se están explorando en la actualidad, como el blanqueamiento de nubes sobre el mar, la creación de *biocarbono* o la fertilización del océano. Pero los dos primeros, por la cantidad de investigación que ya existe a su alrededor y las especulaciones que provocan, constituyen el enfoque más conocido y factible sobre cómo hacer frente mediante la geoingeniería a los retos que supone para la humanidad el cambio climático.

El escritor Oliver Morton (2016) empieza su libro sobre el asunto rememorando una charla en la que el conferenciante pedía al público que se hiciera dos preguntas. La primera, si creían que los riesgos derivados del cambio climático merecen acciones encaminadas a disminuirlos. La segunda, si pensaban que reducir las emisiones de dióxido de carbono de una economía industrial es una tarea difícil. En el caso de que la respuesta sea afirmativa en ambos casos, argumenta Morton, la geoingeniería es digna, al menos, de ser considerada.

Y, sobre el papel, no le falta razón. Si admitimos –y yo soy uno de los que lo hace– que estamos ante una situación compleja y un futuro incierto, y que al mismo tiempo ello representa un reto monumental que requiere un esfuerzo sin precedentes para la humanidad, es difícil rechazar la toma en consideración de alternativas como la geoingeniería. Pero ¿puede ayudarnos realmente o es solo un truco de ilusionista?

Una sombrilla para la playa cósmica

Si un volcán puede emitir partículas que enfrían la atmósfera terrestre, ¿por qué no podemos hacerlo nosotros de forma controlada? ¡Quizá lo habéis pensado vosotros mismos al leerlo! La idea no es ningún absurdo, y de hecho ya hace un

tiempo que está en la agenda de algunos de los inversores en materia ambiental más reconocidos y solventes del mundo, como es el caso de Bill Gates, exjefe de Microsoft. Pero presenta dos problemas importantes.

El primero es la imprevisibilidad de las consecuencias. A pesar de que cada vez las simulaciones por ordenador son más refinadas, no estamos seguros en absoluto de cómo alteraría el clima terrestre una inyección masiva de aerosoles (probablemente óxidos de azufre) en la atmósfera. Algunas proyecciones dicen, de hecho, que podría provocar graves sequías y un debilitamiento de fenómenos como el monzón en Asia, que es imprescindible para cultivar allí. Algunas de estas consecuencias ya se han experimentado con erupciones volcánicas, como la del Tambora. Es más: los efectos no deseados parecen centrarse, sobre todo, en las regiones más pobres y con menor capacidad de adaptación, hecho que tendría que desanimarnos aún más para usarla. Finalmente, extender esta sombrilla química requeriría un esfuerzo internacional conjunto y coordinado, algo que parece difícil, más aún si sabemos con certeza que deberíamos mantenerlo permanentemente. Si por ventura se rompiera el consenso sobre la sombrilla y se parara la inyección, los efectos de volver a los niveles previos de exposición solar serían devastadores. Pensad en qué os pasa si de repente os quitan la sombrilla en la playa: el choque es evidente, y vuestra piel volvería a correr el peligro de quemarse inmediatamente.

El segundo gran «pero» a la hora de esparcir miles de toneladas de aerosoles por la estratosfera es que, sencillamente, no estaríamos atacando la raíz del problema. Si las concentraciones de CO_2 continuaran aumentando, por mucho que disminuyera la irradiación solar, los mares continuarían acidificándose.

Mucha gente plantea la opción de los aerosoles a la manera de un plan B, que solo se activaría si la situación fuera desesperada. Posiblemente aprenderemos muchas cosas sobre nuestro planeta mientras investigamos su viabilidad, y seguramente desarrollaremos también nuevas tecnologías asociadas. Pero nada de eso nos ha de evitar ver una realidad que no es tan idílica como parece. Como

expresa el climatólogo Mike Hulme (2014) en su libro *¿Puede la ciencia arreglar el cambio climático?*, crear un «termostato» para el planeta (cursivas en el original):

> Es *indeseable* porque regular la temperatura global no es lo mismo que controlar el tiempo y el clima local. Es *ingobernable* porque no hay un proceso ni plausible ni legítimo para decidir quién establece la temperatura del mundo. Y es *poco fiable* por la ley de las consecuencias involuntarias: la intervención deliberada en la atmósfera a escala global llevará a consecuencias impredecibles, peligrosas y polémicas.

La aspiradora de carbono

Durante un cierto tiempo, el secuestro de carbono fue una idea con la que se flirteó, pero no podía plantearse en la escala necesaria para considerarla como una solución viable del calentamiento global. Además, es extraordinariamente caro extraer CO_2 de la atmósfera, teniendo en cuenta su bajísima concentración.

Las tecnologías de captura de CO_2 más prometedoras han sido, paradójicamente, aquellas asociadas con plantas de generación de combustibles fósiles, ya que es un subproducto abundante de la combustión. Así, bombearlo tierra adentro, allí donde ha sido posible, tenía un coste de aproximadamente el 25 % de la energía empleada.

Lo que sí que parece que está confirmándose es la integridad de estos depósitos (Kapman e*t al.*, 2016) de CO_2, lo que es una buena noticia, porque no podemos pensar solo en el corto plazo si encapsulamos miles de toneladas en el subsuelo: ¿y si se liberan de golpe de aquí a mil años? Además, durante 2016 se realizó un descubrimiento que podría cambiar completamente el enfoque que tenemos de la tecnología de secuestro de carbono: un equipo de científicos observó la rápida mineralización del gas inyectado en Islandia (Matter e*t al.*, 2016). Es decir: se transformó en roca en menos de dos años, a una profundidad de entre 400 y

800 metros, lo que evita, por tanto, cualquier riesgo de fugas. A pesar de que se necesita confirmación posterior por parte de otros grupos de investigación –y en otras partes del mundo– es sin duda un avance muy importante, que puede condicionar (y mucho) nuestra capacidad para secuestrar CO_2 de forma segura.

¿Estamos errando cuando consideramos la captura de carbono como una solución de futuro? Mike Bickle, director del Centro para la Captura de Carbono de Cambridge, piensa esto: «Las posibilidades de equivocarse poniendo el CO_2 bajo tierra son miles y miles de veces menores que lo que sabemos que pasará si lo bombeamos a la atmósfera» (Harvey, 2016).

Los avances y las alternativas que se abren delante de nosotros son estimulantes, de eso no hay duda. El secuestro de carbono puede ser una ayuda crucial a la hora de luchar contra el cambio climático, pese a que nunca podrá suplir el recorte de emisiones necesarias, ni tampoco debería convertirse en excusa para seguir emitiendo como lo hemos hecho hasta ahora. Y es que incluso con escenarios relativamente optimistas sobre la popularización de tecnologías muy eficientes de secuestro de carbono, no podemos asegurar el buen estado de los ecosistemas oceánicos. Un grupo de investigadores ha modelizado la respuesta de los océanos, y parece que no hay solución tecnológica que valga, especialmente si su adopción nos relaja a la hora de cumplir los compromisos de emisión (Mathesius *et al.*, 2015). Tal y como señalan en las conclusiones del artículo:

> Nuestros descubrimientos contribuyen al creciente cuerpo de evidencia que dan apoyo a la visión de que la acción para una reducción inmediata y ambiciosa de las emisiones de CO_2 es la estrategia más fiable para evitar el cambio climático peligroso, la acidificación de los océanos y las amenazas a gran escala sobre los ecosistemas marinos.

El secuestro de CO_2, en condiciones seguras y controladas, que parece estar cada vez más cerca, puede llegar a ser un buen aliado para la lucha contra el cambio

climático. Pero solo eso: no es ni una varita mágica que solucionará el problema de un día para otro, ni mucho menos un cheque en blanco para seguir actuando como lo estábamos haciendo.

Hacernos un planeta a medida es sin duda atractivo, pero si nos rompen las costuras nos encontraremos solos y desamparados en la noche cósmica. Mientras que capturar carbono y almacenarlo es posible que nos ayude en el futuro, recubrir el planeta de una fina película reflectora (sean aerosoles o espejos minúsculos) parece que nos ofrece más problemas que soluciones. Por suerte, y como hemos visto hasta ahora, tenemos otras alternativas antes de jugárnoslo todo al arriesgado casino de la geoingeniería. Y nos queda la que puede ser la más importante, aquella que tiene que garantizarnos el futuro.

EDUCAR PARA UN FUTURO CAMBIANTE

Hasta ahora hemos visto todo aquello que podemos hacer ahora mismo, y que no es poco: aprender a comunicar mejor el cambio climático, hablar de él, aplicar las herramientas legales y económicas de las que disponemos (y crear nuevas), cambiar la forma en que nos movemos y en que consumimos, modificar nuestra dieta, secuestrar CO_2 bajo tierra, hacer una transición energética, preservar los suelos agrícolas o restaurar los ecosistemas degradados para que nos ayuden a mitigar el calentamiento global. Es incluso complicado no ser optimista si pensamos en cómo encajarían todas estas piezas, en el caso de impulsarse y dotarse de recursos suficientes, de los que ya disponemos. Pero eso lo haríamos, en todo caso, nosotros. ¿Y si quien viene después cree que ya lo tenemos medio solucionado, o que quizá no es tan grave? ¿Y si continuamos sin entender los riesgos de una subida más allá de 2 ºC?

La hoja de ruta para el siglo XXI no funcionará sin aquellos que vivirán durante todos los años que tienen que llegar, sin aquellos que tomarán las decisiones a todos los

niveles. No hay acuerdo de París que valga si no viene acompañado de una estrategia educativa que ponga el foco en solucionar el futuro, no en explicar un problema del pasado del que «ya se ocuparán los mayores».

Reescribir los libros de texto y educar para el futuro

Un 77 % de los estadounidenses piensan que en las escuelas deberían enseñar las causas, consecuencias y soluciones potenciales para el cambio climático (Adler, 2016). Es una cifra muy alta para un país donde el cambio climático divide a gran parte de la población, y nos muestra un punto de unión que tenemos que saber utilizar. Lo primero que hay que hacer es formar al profesorado: como hemos visto, hasta un 30 % de profesores no entienden el rol de los seres humanos en el calentamiento global, y eso tiene consecuencias directas en la comprensión del alumnado, que será más refractaria a la problemática si su profesor lo duda o, sencillamente, no tiene ni idea. Pero incluso a los que conocen las bases científicas con bastante profundidad, les faltan herramientas cuando se trata de explicar una lección que es algo más que dibujar el sistema excretor en la pizarra o hablar de la polinización. Explicar el cambio climático, eso nadie lo duda, es complejo, sea cual sea la edad del alumnado, y obliga al maestro a ir más allá de la ciencia e introducir conceptos de ética, de irreversibilidad, de moral, de política incluso. Estamos descubriendo cómo comunicar el cambio climático, pero aún nos queda mucho camino para saber cómo se enseña. Afortunadamente, descubrimientos recientes (Stevenson e*t al.*, 2016) indican que, pese a que se les presente información polarizada, los estudiantes acaban haciéndose muchas veces la idea correcta: que el cambio climático tiene un origen antropogénico.

La inversión en programas educativos pioneros y el desarrollo de nuevas herramientas didácticas debería ser una prioridad. Algunos ejemplos los podemos encontrar en Estados Unidos, donde la NASA o la agencia ambiental (la EPA) disponen de juegos educativos y materiales interactivos

que nos muestran el camino por donde tenemos que transitar. ¿Por qué no aprendemos de los videojuegos? ¿Por qué no introducimos el cambio climático en aquello que interesa a los niños y adolescentes, en lugar de esperar a que vengan corriendo a leer un *tocho* de la biblioteca?

La enseñanza del cambio climático, que debe ser transversal y continua también en la escuela, se inscribe en una realidad insoslayable: hoy en día hay que tener una base mínima de conocimiento científico para entender el mundo. Vivimos en una sociedad hipertecnológica, con innovaciones constantes y que se enfrenta a retos crecientes, pese a que ninguna es como el calentamiento global. Tenemos que educar en un conocimiento científico sólido que permita a los futuros adultos interpretar la realidad sin distorsiones, y escoger correctamente cuando corresponda. Sin ciencia difícilmente podrán captar el valor real de un bosque o una marjal, exigir medidas a escala política y social o modificar sus hábitos.

Y sí, también los adultos tenemos que ir a la escuela

En este contexto, hay una conciencia creciente de qué significa la *alfabetización climática*, es decir: el conjunto de conocimientos básicos para individuos y comunidades que son imprescindibles para entender qué es el cambio climático y qué amenazas representa para nosotros, así como las aproximaciones actuales a la adaptación y mitigación. En Estados Unidos, la NOAA (Agencia de la Atmósfera y los Océanos) gestiona un portal (www.climate.gov) cuyo objetivo es ofrecer información para una nación «climáticamente inteligente». La aproximación, que es sin duda bien estimulante, debería extenderse por todo el mundo. Porque hay muchas cosas que no sabemos sobre cambio climático. Más aún: no sabemos que desconocemos una gran cantidad de asuntos.

En un extenso y muy ilustrativo artículo sobre las claves para convencer a la gente de la realidad sobre el cambio global, el periodista especializado en cambio climático Dana

Nuticelli (2016) hace un resumen que deberíamos tratar de poner en práctica siempre que podamos:

> – Lo primero es explicar que somos los humanos los que causamos el calentamiento, y el mecanismo responsable con el que lo hemos hecho: la emisión masiva de gases de efecto invernadero. Si no sabemos eso, nos preocupamos menos.
>
> – Una vez que la gente es consciente del grado de consenso entre los científicos del clima sobre la realidad y el origen del calentamiento global (y que hemos visto que es superior al 97 %), es más propensa a aceptar la realidad y dar apoyo a políticas de mitigación (Lewandowsky *et al.*, 2013) y adaptación. Y es que el porcentaje de la población que conoce este consenso es mínimo (se hunde hasta el 4 % en el caso de los republicanos de EE. UU.).

Si bien es cierto que nuestra visión sobre el problema está condicionada por nuestra identidad, y que los datos por sí mismos no son suficientes, tenemos un potencial enorme a la hora de divulgar y explicar una realidad que gran parte de la sociedad desconoce. Y pese a no entender las bases físicas del cambio climático, ni tampoco conocer el grado de acuerdo entre los científicos, un estudio del Pew Research Center realizado antes de la cumbre de París de diciembre de 2015 muestra que hay una preocupación global por el calentamiento del planeta, de la misma forma que el apoyo a una limitación de emisiones es también muy amplio (Stokes *et al.*, 2015).

El optimismo, dejadme que os lo diga, es inevitable. Si con un sistema educativo en contra y una falta grave de información en la población adulta hemos conseguido que la cumbre de París pueda considerarse un éxito y –lo que es más importante– un acuerdo social basado en la demanda de acción, ¿qué no seremos capaces de conseguir cuando tengamos los canales y los conocimientos para transmitir la realidad del cambio climático desde la escuela hasta el informativo, desde la videoconsola hasta la conversación en el gimnasio o la comida del domingo?

1. <http://twitter.com/ed_hawkins/status/729753441459945474>.

2. Aichi Biodiversiy Targets, Convection on Biological Diversity.

3. Unitat de Cultura Científica i de la Innovació de la Universitat de València. «La UV estudia las zonas húmedas para conocer su potencial como sumidero de carbono para mitigar el cambio climático», nota de prensa de 2015.

EPÍLOGO
UN MUNDO MEJOR NO ES SOLO POSIBLE, SINO IMPARABLE

Los humanos somos una especie excepcional, de eso no hay ninguna duda. Nos aprovechamos de más de tres cuartos de la producción primaria y de los frutos de los ecosistemas del planeta, y parece que incluso hemos decidido que nos merecemos una época geológica propia: el Antropoceno. Nos hemos situado en el centro de la biosfera, pero hay una lección que, sin embargo, permanece inalterable desde Darwin. Que somos solo una parte del engranaje biológico de la Tierra, capaz, eso sí, de entender lo que está pasando en su entorno.

Y el caso es que por fin lo estamos entendiendo. 2015 y 2016 han sido años de aceleración del cambio, en el que se han oído voces muy diversas a favor de una acción inmediata para detener el calentamiento. Desde las multitudinarias marchas del clima hasta los ruegos de distintas religiones (con el papel destacado del papa Francisco); desde la presencia mediática creciente de científicos hasta la inestimable ayuda de Leonardo DiCaprio; desde las victorias de comunidades indígenas y de la resistencia pacífica, como en el caso del oleoducto Keystone XL en Estados Unidos, hasta el compromiso de China con las energías renovables. Ha sido también un año en el que hemos visto que *sí*, que era posible no aumentar las emisiones, e incluso rebajarlas. Para hacer marcha atrás tenemos que frenar, quedarnos quietos un momento y, a continuación, retroceder. Estamos en el punto clave donde debemos decidir el sentido de la marcha una vez.

¿Retornaremos a las 350 partes por millón de CO_2 en la atmósfera que se consideran como umbral de seguridad? ¿Cumpliremos los compromisos de París? ¿Limitaremos el

calentamiento a 2 ºC? Hemos hecho, al menos, el primer paso: Stefan se ha despertado. En uno de sus artículos que hemos visto, el tono optimista es innegable: «Por qué el objetivo climático correcto se acordó en París». Como decía el escritor Rafael Chirbes, «Ningún camino es bueno si no sabes a dónde vas». Y sí, ahora, por fin –¡nos ha costado!–, sabemos adónde vamos, y hay un acuerdo casi unánime sobre el hecho de querernos dirigir allí. Nos encaminamos hacia un mundo con la economía descarbonizada y cero emisiones sucias, y en el que no se supere el umbral de los 2 ºC. Pero la barrera de la temperatura no depende solo de nosotros, y tenemos que estar atentos a los síntomas que detectemos en las regiones que amplifican el calentamiento, como el Polo Norte. Tenemos que potenciar la investigación no solo tecnológica, sino también la ciencia que nos ayuda a conocer mejor un mundo que todavía esconde muchas sorpresas, y quién sabe cuántos aliados.

El cambio climático no va de certezas absolutas, ni tampoco de una cronología del desastre. No es un acontecimiento futuro que tendrá lugar el 22 de mayo de 2043. Es un proceso que hace décadas que está en marcha, y que ahora comienza a manifestarse. Es algo que está pasando *ya*. Y eso es lo que nos tendría que hacer actuar de forma decidida: la cosa ha dejado de ir, desde hace unos años, de predicciones o modelos informáticos. Algunos de los efectos del cambio climático ya se han escrito en libros de historia.

Es muy probable que acabemos sufriendo, incluso si nos ponemos ya manos a la obra, algunos de los efectos más temibles del cambio climático. Es el coste de no habérnoslo tomado seriamente hasta ahora. Sin embargo, las ventajas de actuar desequilibran, con mucho, la balanza. Más aún si pensamos en todo lo que lleva asociado. Dejar aparcados los combustibles fósiles y hacer una transición energética no tiene que ser visto como un sacrificio, sino como una oportunidad para disfrutar de un aire más limpio y una salud mejor, descentralizar la producción de energía y evitar conflictos y tensiones internacionales. Se remarca el papel del cambio climático en algunas guerras por recursos o en las migraciones por la escasez de alimentos y agua; ¿por qué

no pensamos también cuántos escenarios de hostilidades podrían evitarse si de repente aquellas zonas más conflictivas, como el Próximo Oriente, dejan de ser interesantes a nivel geoestratégico porque *pasamos* del petróleo?

El cambio climático es una oportunidad que no podemos perder para repensar nuestro crecimiento, que incluso sin los efectos del calentamiento producido por los gases de efecto invernadero estaba condenado a un colapso por falta de recursos. Si somos inteligentes y lo aprovechamos, podremos llegar a un mundo mejor del que nos hemos encontrado. Dice Naomi Klein que «esto lo cambia todo». Y en efecto, el calentamiento global cambiará para siempre nuestra relación con el planeta, con la naturaleza, con nosotros mismos. Y de nosotros depende en qué sentido lo haga.

Escribía George Monbiot en el capítulo final de su libro *Calor*, de 2006, que si no te había animado a actuar es que había fracasado, y que por favor retornaras el libro a la librería y exigieses que te devolvieran el dinero. Yo no seré tan drástico, porque este libro tenía distintos propósitos.

El primero era explicar, de forma comprensible, qué es el cambio climático antropogénico. ¿Por qué sabemos que se está produciendo? ¿Cómo podemos predecirlo? ¿Es el primer cambio climático en la historia del planeta? ¿Por qué es distinto ahora? Espero haber contestado a estas preguntas, y también, al mismo tiempo, haberos alentado a descubrir y profundizar en el fascinante camino de ciencia y naturaleza que va desde Teofrasto al IPCC.

El segundo, trasladar cuáles son los escenarios y los impactos previstos. Este es, sin duda, el más fácil de conseguir (las imágenes catastróficas son la iconografía dominante del relato actual del calentamiento global), pero también lo más complejo, ya que no se tienen que presentar como una realidad inevitable, sino como posibles futuros en caso de que continuemos como hasta ahora. Futuros que, además, podemos evitar. ¿Cómo? Venciendo las barreras que nos han impedido la acción hasta el momento.

El tercer objetivo del libro era exponer estos obstáculos, cuyo desconocimiento nos suele conducir a la frustración y a

un reparto injusto de culpas. Comenzando por el hecho de que nuestro cerebro, que tantas alegrías nos ha dado, no está dispuesto a encarar un reto tan descomunal y riesgos a tan largo plazo, y acabando por la construcción de la negación por parte de sectores interesados, que han impedido, hasta donde han podido, la toma de decisiones clave. No es que seamos estúpidos, como es habitual escuchar; es que ni tan solo conocíamos los mecanismos mentales por los que evitábamos pensar en el cambio climático. Se nos ha explicado poco y mal un problema que no estamos preparados para abordar, y además se nos ha hecho responsables de hasta la última pizca de carbono que hemos emitido. Es perfectamente comprensible el rechazo a hablar y tratar el tema: ¿Para qué, si no podemos hacer nada, y además lo que quieres es reñirme y culpabilizarme de todos los males? Pensábamos que únicamente señalando el problema habría suficiente, pero nos equivocábamos.

El cuarto objetivo, y quizás el más importante, es el de haberos mostrado que hay una salida, una que empieza justo haciendo lo que estáis haciendo ahora: leer y pensar sobre el cambio climático. Informándonos y charlando con quienes os rodean. Hay un mundo por descubrir, desde las pequeñas acciones cotidianas hasta la creación de unas nuevas normas sociales, desde la difusión de arte sobre el clima hasta la emergencia de nuevos liderazgos. Tú y yo somos algo más que consumidores de bienes y servicios y habitantes de un pueblo o una ciudad. Somos ciudadanos. Y como tales, tenemos poder en muchos más campos que el supermercado o la tienda de muebles, desde nuestra casa hasta las instituciones, desde los centros de estudio o de trabajo hasta nuestra dieta o cómo nos movemos. Tenemos mil elecciones posibles y en las mil tenemos la posibilidad de hacer un cambio que sume; en ningún otro problema ambiental habíamos tenido nunca tanto poder. Y eso es una noticia fabulosa.

También disponemos de herramientas económicas, legales y gubernamentales para impulsar un cambio que se está acelerando, y que pasa también, necesariamente, por el cambio de sistema energético y el modelo productivo. Ni el mundo es infinito, ni el petróleo mana del cielo: cuanto

antes actuemos en consecuencia, antes seremos capaces de llegar a un futuro por el que valga la pena luchar. Tenemos el conocimiento, los recursos y tenemos la tecnología, que es un poco mejor que ayer pero peor que mañana. Si detectáramos un meteorito que viniera directamente hacia la Tierra, o una enorme actividad volcánica sin precedentes en Indonesia que también pusiera en peligro a la especie humana, no sabríamos qué hacer, porque no disponemos ni del conocimiento ni de la capacidad tecnológica para hacer frente a estas amenazas. En cambio, sí que tenemos, desde hace años, las herramientas para hacer frente a nuestro meteorito particular: el calentamiento global.

Dentro de este último objetivo, espero haberos mostrado que disponemos, además, de tres armas que mucha gente desconoce. Por una parte, la complicidad de los ecosistemas, los cuales, si somos capaces de restaurarlos y potenciar sus funciones de captura de carbono, nos pueden ayudar al cambio de tendencia, y de qué manera. Por otra, la versión más extrema de una aproximación tecnológica a la mitigación del cambio climático, la geoingeniería. No se pude poner todo en el mismo saco, y mientras que inyectar aerosoles en la estratosfera parece, hoy en día, una temeridad, la captura de carbono y su almacenaje bajo tierra está progresando a una velocidad esperanzadora. Y, finalmente, la educación, más allá de enseñar cuatro gestos por el medio ambiente en las escuelas. Es necesario educar a las niñas y niños para el futuro que vivirán, y hacerlo de la forma más efectiva según la evidencia científica de la que disponemos: introduciendo nuevos materiales, impregnando toda la enseñanza, formando a un profesorado que también tiene dificultades. Pero no nos podemos quedar con los que van a la escuela: tenemos que salir de allí, llegar a los adultos –que son quienes ahora toman las decisiones– y creernos la divulgación científica más allá de revistas especializadas y congresos de investigadores. Los que trabajamos de una forma o de otra en el campo del cambio climático tenemos, queramos o no, una responsabilidad clara hacia la sociedad, superior incluso al deber profesional que es comunicar la investigación. Tenemos que llamar a los bomberos del sueño de Stefan, porque nosotros vemos el

fuego antes que el resto de la gente: en un pico extraño en un gráfico, en un muestreo donde no aparece una especie que siempre habíamos encontrado, en una medida rutinaria en la composición de la atmósfera, en un experimento en el laboratorio cuyos resultados nos inquietan, en una encuesta sobre las percepciones del calentamiento global o en un estudio lingüístico sobre el campo semántico asociado a este y sus implicaciones. De la forma que podamos, como podamos y donde podamos, tenemos que hacer saber que eso está sucediendo y debemos actuar ahora mismo.

Y llegamos, pues, al quinto y último objetivo del libro: que actuéis. Pero no es necesario que os carguéis toda la responsabilidad en la espalda; eso ya hemos visto que no funciona. Si os sentís desbordados, escoged una parcela y comenzad por allí: cambiando poco a poco los hábitos de compra en la frutería y la carnicería, moviéndoos más en bicicleta y menos en coche o firmando para que vuestra universidad deje de invertir en combustibles fósiles. Pero comenzad, y, lo que es más importante, compartidlo con el resto del mundo. Escribidlo por redes sociales, hablad del carbono en lugar del tiempo en el ascensor, escoged el cambio climático para hacer una presentación en la clase del idioma que estáis estudiando. Porque ya hemos visto que la suma de todos los actos individuales es mucho más poderosa que las acciones por separado: creemos, así, nuevas normas de conducta y comportamiento que inciten a la imitación y a la mejora.

Como dice la filósofa Carmen Velayos-Castelo (2015) en su libro *El cambio climático y los límites del individualismo*:

> Necesitamos, pues, la cooperación climática y social desde el mejor individualismo, es decir, desde aquel que convierte al individuo en uno que ni se desvanece dentro de una masa informe ni renuncia a formar redes humanas y políticas colectivas (de aquello más pequeño hasta aquello más grande) de apoyo y colaboración. Una ética climática requiere una base interactiva que haga de los ciudadanos seres independientes y ecodependientes con un destino común.

O como aboga George Marshall (2014) en el libro *Ni tan siquiera pienses en ello: por qué nuestros cerebros están hechos para ignorar el cambio climático*:

> Lo que falta, y lo que se requiere de forma urgente, es un marco coherente de políticas que provea de un contrato para la participación compartida –sea mediante medidas voluntarias o, como muchos activistas piden ahora, alguna forma de tasa, cuota o dividendos– dentro del cual las acciones personales sean reconocidas y recompensadas a la vez que las igualmente importantes contribuciones del gobierno, empresas y compañías de combustibles fósiles. No el poder de uno, sino el poder de todos.

Con este poder de todos, con esta ecodependencia, seremos capaces, estoy seguro de ello, de activar ciclos de retroalimentación del cambio humano que podrá, si nos lo proponemos, frenar los del sistema climático. La aceleración de los procesos de toma de conciencia y actuación será imparable por poco que los alimentemos con esperanza y no con catastrofismo.

En 2012, cuando comenzó a bailarme por la cabeza la loca idea de escribir sobre cambio climático, este libro hubiera sido imposible. No porque la ciencia no fuera clara, que ya lo era, sino porque había pocos síntomas que invitaran al optimismo. Ni los acuerdos internacionales proyectaban perspectivas esperanzadoras, ni había un movimiento tan claro a favor de dejar bajo tierra los combustibles fósiles, ni tan solo sabíamos lo que desconocíamos, como hemos empezado a averiguar a fuerza de encuestas y estudios. También ignorábamos parte del potencial de la restauración ambiental, el secuestro de carbono bajo tierra o la nueva investigación en psicología, que ha abierto el campo al dinamitar los muros personales y colectivos que nos han impedido actuar hasta ahora. Hace cuatro años, los que negaban el cambio climático tenían más prestigio y más poder que hoy en día (sí, incluso con Trump de presidente de EE. UU.), y los medios de comunicación no se mostraban tan seguros al afirmar que «el cambio se está produciendo ya». Hace cuatro años, paradójicamente, yo

pensaba que ya era tarde, pero el proceso de escritura de este libro y la lectura de centenares de artículos (muchos de los cuales han aparecido en el último lustro) me han convencido de lo contrario: no es tarde para parar todas aquellas predicciones que nos ennegrecen el futuro. No es tarde para pensar en un mundo mejor y en un legado que nuestros hijos y nietos quieran heredar.

Yo no os pido, como Monbiot, que devolváis el libro a la librería si no os ha animado a actuar. En lugar de eso, probad a dejarlo a algún amigo o familiar, y hablad de él, criticadlo, completadlo, reescribidlo. Mejor aún si con quien discutís no se cree eso del cambio climático, o sí se lo cree pero piensa que no vale la pena hacer nada, porque si el debate se queda entre los que estamos convencidos de ello y queremos actuar ya, ni es constructivo ni es una conversación enriquecedora; es tan solo predicar en el desierto.

Y el desierto es justamente aquello que queremos evitar.

NOTA SOBRE LAS FIGURAS, CITAS Y TRADUCCIONES

Figuras

Todas las figuras tienen autorización para ser reproducidas, o bien los autores especifican claramente que no es necesario pedir permiso, siempre que se haga constar la autoría (algo que se ha hecho en todos los casos).

En cuanto al caso concreto de las figuras del ipcc, se ha pedido permiso expreso al comité legal, y se ha concedido de forma satisfactoria.

Traducciones

Todas las traducciones del libro las ha hecho el autor. Aunque siempre se prefiere la versión original, que tiene más matices y lecturas, se ha considerado conveniente, teniendo en cuenta el gran número de citaciones del manuscrito, traducirlas para una mejor comprensión del lector. Adicionalmente, se han traducido los títulos de las obras citadas en el texto (no en las referencias) para mantener la coherencia, excepto de las editadas en castellano en el mercado español. Cualquier error es atribuible solo al autor.

Se han utilizado, adicionalmente, dos citaciones cuya traducción en catalán (idioma desde el que se ha traducido al castellano) corresponde a Xavier Pàmies, por la obra *Biosfera*, de la *Enciclopèdia Catalana*. Son las de N. Poulin y J. Grinevald, y Mikhaïl I. Budiko.

AGRADECIMIENTOS

Este libro no hubiera sido posible sin los centenares de conversaciones que sobre cambio climático he mantenido desde hace años, tanto con amigos y conocidos en un bar o en casa de alguien, como en las distintas redes sociales donde me gusta zambullirme diariamente. Gracias a todos aquellos que han preguntado de forma insistente y me han hecho mejorar, poco a poco, la forma de contar el cambio climático, y a los que me enlazaban noticias en Twitter o Facebook porque sabían que serían de mi interés; también a todos los investigadores con los que he cruzado tuits o correos electrónicos, y me han facilitado documentos de forma desinteresada. En el programa *Cómo está el patio*, de Ràdio Manises, disfruté durante unos meses de 2016 de explicar parte de lo que se cuenta en el libro, y les quiero dedicar un agradecimiento especial por cómo me hicieron plantearme, cada dos semanas, cómo comunicar el calentamiento global. Gracias, Ramir y José Manuel –¡también por volverme a invitar a compartir micrófono en la nueva etapa de Ràdio Mislata!–. Gracias también a los pueblos, medios de comunicación y foros a los que me han invitado a darles la tabarra con el tema, y de forma muy especial a los ayuntamientos de Torrevella (¡gracias, Fanny!) y Meliana (¡gracias, Xesco!), a Hidraqua, a la Universitat de València y al Consell Valencià de Cultura. He aprendido mucho, de igual manera, de los compañeros y colegas con quienes he coincidido en distintos cursos del Climate-kic (gracias muy especiales a Annamária Lehoczky) y del csic, porque proveníamos de entornos distintos y aportábamos, todos, visiones enriquecedoras y diversas.

Pese a que la escritura del libro ha sido rápida, la *cocción*

ha durado meses, en los que me he ido anotando ideas o preguntas. Si he conseguido ligarlo todo y eliminar los errores al mínimo es gracias, fundamentalmente, a mis padres, Júlia y Emili, que me han aconsejado sobre la escritura y han revisado el manuscrito, señalando las incoherencias o errores. Y también, claro, el proceso hubiera sido menos estimulante si no llega a ser por Maria, quien además ha soportado, durante quizá demasiadas semanas, una versión de mí mismo que solo hablaba de un tema, al levantarme, mientras comíamos y a la hora de acostarse, murmurando cualquier cosa sobre el dióxido de carbono o un estudio de *Nature* que acababa de salir del horno.

Gracias, a todos.

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

CHUBACHI, S. (1984): «Special Ozone Observation at Syowa Station, Antarctica from February 1982 to January 1983», *Proceedings of the Quadrennial Ozone Symposium held in Halkidiki,* Grecia, 3-7 de septiembre, pp. 285-289, Atmospheric Ozone.

FARMAN, J. C. *et al.* (1985): «Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/NOx interaction», *Nature,* 315, pp. 207-210.

MARSHALL, G. (2007): «Can this really save the planet?», *The Guardian,* ed. digital, 13/09.

MAXWELL, J. y F. BRISCOE (1997): «There's money in the air: the CFC ban and DuPont's regulatory strategy», *Business strategy and the environment,* 6, pp. 276-286.

MEIRA, P. Á. *et al.* (2013): *La respuesta de la sociedad española ante el cambio climático,* Madrid: Fundación Mapfre.

MOLINA, M. y F. S. ROWLAND (1974): «Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone», *Nature,* 249, pp. 810-812.

MYHRE, S. (2016): «Climate scientists, mourning Earth's losses, should make their voices hear», *The Guardian,* ed. digital, 19/05.

SOLOMON, S. *et al.* (2016): «Emergence of healing in the Antarctic ozone layer», *Science,* 353:6296, pp. 269-274.

CAPÍTULO I

ABARBANEL, A. y T. MCCLUSKY (1950): «Is the World Getting

Warmer?», *Saturday Evening Post,* 1/07.
AGASSIZ, L. (1840): *Études sur les glaciers,* Neuchâtel: Jent et Gassmann.
«Another Ice Age?», *Time,* 24/07/1974.
ARRHENIUS, S. (1896): «On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground», *Philosophical Magazine and Journal of Science,* 5:41, pp. 237-276.
BESSAN, D. (2012): «April 10, 1815: The Eruption that Shook the World», *Scientific American,* 10/04.
BOWLER, P. J. (1998): *Historia Fontana de las ciencias ambientales,* Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
CALLENDAR, G. S. (1939): «The Composition of the Atmosphere through the Ages», *Meteorological Magazine,* 74, pp. 33-39.
CONWAY, E. (2009): «The year without a summer: Peering through volcanic veils», NASA: Climate Blog *Earth Right Now,* 8/10.
EARTH OBSERVATORY, NASA (2001): «Global Effects of Mount Pinatubo», 15/06.
FOURIER, J. (1824): «Remarques génerales sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires», *annales de Chimie et de Physique,* pp. 136-167.
GLACKEN, C. J. (1996): *Huellas en la playa de Rodas,* Barcelona: Ediciones del Serbal.
HANSEN, J. *et al.* (1981): «Climate Impact of Increasing Atmospheric Carbon Dioxide», *Science,* 213: 4511, pp. 957-966.
HERNÁNDEZ, P. J. (2016): «Permíteme que insista: 77 años de advertencias sobre el cambio climático», *Naukas.*
HULME, M. (2009): «On the origin of "the greenhouse effect": John Tyndall's 1859 interrogation of nature», *Weather,* 64, p. 5.
KIMBLE, G. T. (1950): «The Changing Climate», *Scientific American,* 182, pp. 48-53.
NEW ENGLAND HISTORICAL SOCIETY: «1816: The Year Without a Summer».
SHABECOFF, P. (1988): «Global Warming Ha Begun, Expert

Tells Senate», *The New York Times,* 23/06.
SHERLOCK, R. L. (1922): *Man as a geological agent: an account of his action on inanimate nature,* Londres: H. F. & G. Witherby.
UN (1987): «Report of The World Commission on Environment and Development: Our Common Future».
UNEP (1992): «Rio Declaration on Environment and Development».
WIGLEY, T. M. L. y P. D. L. JONES (1981): «Detecting CO_2-induced climate change», *Nature,* 292, pp. 205-208.

CAPÍTULO 2

BARNOLA, J. M. et al. (1987): «Vostok ice core provides 160.000 –year record of atmospheric CO_2», *Nature,* 328, pp. 208-414.
BARRIENDOS, M. (1997): «Climate variations in the Iberian Peninsula during the late Maunder Minimum (AD 1675-1715): an analysis of data from rogation ceremonies», *The Holocene,* 7:1, pp. 105-111.
BURROUGH, W. J. (2007): *Climate Change: A Multidisciplinary Approach,* Cambridge: Cambridge University Press, 2.ª ed.
DIODATO, N. y G. BELLOCHI (2011): «Discovering the anomalously cold Mediterranean winters during the Maunder minimum», *The Holocene,* 22:5, pp. 589-596.
FAGAN, B. (2008): *The Great Warming: Climate Change and the Rise and Fall of Civilizatios,* Londres: Bloombsbury Press.
KAUFFMAN, D. S. *et al.* (2013): «Continental-scale temperature variability during the past two millennia», *Nature Geoscience,* 6, pp. 339-346.
LOCKWOOD, M. et *al.* (2010): «Are cold winters in Europe associated with low solar activity?», *Environmental Research Letters,* 5:2.
MANN, M. et *al.* (1999): «Nothern hemisphere temperatures during the past millennium: Inferences, uncertainties, and limitations», *Geophisical Research Letters,* 26: 6, pp. 759-762.

MANN, M. (2012): *The Hockey Stick and the Climate Wars,* Nueva York: Columbia University Press.
MILLER, G. H. *et al.* (2012): «Abrupt onset of the Little Ice Age triggered by volcanism and sustained by sea-ice/ ocean feedbacks», *Geophysical Research Letters,* 39:2.
PFISTER, C. y R. BRÁDZIL (2006): «Social vulnerability to climate in the "Little Ice Age": an example from Central Europe in the early 1770s», *Climate of The Past,* 2, pp. 115-129.
Scott, W. B. (1913): *A history of land mammals in the western hemisphere,* Nueva York, MacMillan Publishing Company, p. 198.
SHIPMAN, P. (2014): «How do you kill 86 mammoths? Taphonomic investigations of mammoth megasites», *Quaternary International,* 359-360, pp. 38-46.
YOUNG, N. E. et *al.* (2015): «Glacier maxima in Baffin Bay during the Medieval Warm Period coeval with Norse settlemen», *Science Advances,* 1:11.

CAPÍTULO 3

ADHIKARI, S. y E. R. IRVINS (2016): «Climate-driven polar motion: 2003-2015», *Science Advances,* 2: 4 e1501693.
ALLEN, J. G. et al. (2016): «Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments», *Environmental Health Perspectives,* 1234: 6, pp. 805-812.
BROMWICH, J. E. (2016): «Flooding in the South Looks a Lot Like Climate Change», *The New York Times,* 16/08.
CLIMATE CENTRAL (2014): «New Analysis Shows Global Exposure to Sea Level Rise», 23/09.
DUNNE, J. P. et *al.* (2013): «Reductions in labour capcity from heat stress under climate warming», *Nature Climate Change,* 3, pp. 563-566.
GYNTHER, I. *et al.* (2016): «Confirmation of the extinction of the Bramble Cay melomys Melomys rubicola on Bramble

Cay, Torres Strait: results and conclusions from a comprehensive survey in August-September 2014». Informe no publicado del Departament of Environment and Heritage Protection, Queensland government, Brisbane.

HARRIS, N. et al. (2015): «Indonesia's Fire Outbreaks Producing More Daily Emissions than Entire US Economy», *World Resources Institute,* 16/10.

HARVEY, C. (2016): «"I cried... right into may mask": Scientists say Guam's reefs have bleached four years straight», *The Washington Post,* 03/08.

HOEGH-GULDERG, O. *et al.* (2014): «Australia's Marine Resources in a Warm, Acid Ocean», en P. Christoff (ed.): *Four Degrees of Global Warming: Australia in a Hot World,* Londres: Routledge, p. 93.

JONES, N. (2011): «Coral marches to the poles», *Nature News,* 21/01, doi:10.1038/news.2011.33.

LANGLEY, E. S. *et al.* (2016): «Seasonal evolution of spraglacial lakes on an East Antarctic outlet glacial», *Geoghysial Research Letters,* 10, doi: 1002/2016GL069511.

MCMILLAN, M. et al. (2016): «A high-resolution record of Greenland mass balance», *Geophysical Research Letters,* 43: 13, 70027010.

MOONEY, C. (2016): «A stunning prediction of climate change –and basic physics– may now be coming true», *The Washington Post,* 27/07.

MYERS, S. S. *et al.* (2014): «Increasing CO_2 threatens human nutrition», *Nature,* 510, pp. 139-142.

NICHOLAS, K. A. (2015): «¿Cómo afecta el cambio climático a los vinos?, *Investigación y Ciencia*.

OLCINA, J. (2012): «Turismo y cambio climático: una actividad vulnerable que debe adaptarse», *Investigaciones turísticas*, 4, pp. 1-34.

OLDENBORGH, G. J. VAN *et al.* (2016): «Rapid attribution of the May/June 2016 flood-inducing precipitation in France and Germany to climate change», *Hydrology and Earth Sciences,* doi: 10.5194/hess-2016-308.

ROBINE, J. M. (2008): «Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003», *Comptes Rendus Biologies,*

331: 2, pp. 171-178.
SALTRÉ, G. *et al.* (2016): «Climate change not to blame for late Quaternary megafauna extinctions in Australia», *Nature Communications,* 7: 10511.
THE CLIMATE INSTITUTE (2016): «A Brewing Storm: the climate change risks to coffee».
TRUMBORE, S. *et al.* (2016): «Forest health and global change», *Science,* 359:6250, pp. 814-818.
URBAN, M. C. (2015): «Accelerating extinction risk from climate change», *Science,* 348:6234, pp. 571-573.
USGCRP (2016): «The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment», US Global Change Research Program. Disponible en línea: <http://dx.doi.org/10.7930/J0R49NQX>.
YAMANO, H. *et al.* (2011): «Rapid poleward range expansion of tropical reef corals in response to rising sea surface temperatures», *Geophysical Research Letters,* doi: 10.129/2010GL046474.
ZHU, Z. et al. (2016): «Greening of the Earth and its drivers», *Nature Climate Change,* 6, pp. 791-795.

CAPÍTULO 4

BERNERS-LEE, M. y D. CLARCK (2013): *The burning Question: We Can't Burn Half the World's Oil, Coal and Gas. So How Do We Quiet?,* Londres: Profile books.
CENTER FOR RESEARCH ON ENVIRONMENTAL DECISION (2009): «The Psychology of Climate Change Communication», Columbia.
CENTRO DE INVESTIGACIONES SOCIOLÓGICAS (2010): «Medio ambiente (II) (International Social SurveyProgramme)», estudio número 2.837, mayo-julio.
COOK, J. et al. (2016): «Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming», *Environmental Research Letters,* 11: 3, doi: 048002.
DOMÍNGUEZ, M. et al. (2016): «Talking climate change seriously: An analysis of oped articles in Spanish press»,

Public Understanding of Science, doi: 10.1177/0963662516641844.

FERNÁNDEZ REYES, R. (2016): «Spain Nespaper Coverage of Climate Change or Global Warming, 200-2016», Universidad de Sevilla (disponible en línea, acceso: 2/09/2016).

GUY, S. *et al.* (2012): «Investigating the effects of knowledge and ideology on climate change beliefs», *European Journal of Social Psychology,* 44: 5, pp. 421-429.

HETHERMAN, M. (2016): «Are We Feeling Collective Grief Over Climate Change?», *Scientific American,* 16/08.

KAHAN, D. M. et *al.* (2012): «The polarizing impact of science literacy and numeracy on perceived climate change risks», *Nature Climate Change,* 2, pp. 732-735.

LOPERA, E. y C. MORENO (2014): «The uncertainties of climate change in Spanish daily newspapers: content analysis of press coverage from 2000 to 2010», *Journal of Science Communication.*

MARSHALL, G. (2016): «Understand faulty thinking to tackle climate change», *New Scientist,* 13/08.

MCGLADE, C. y P. EKINS (2015): «The graphical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 ºe», *Nature,* 517, doi: 10.1038/nature14016.

MEIRA, P. A. (dir.) (2013): *La respuesta de la sociedad española ante el cambio climático,* Madrid: Fundación Mapfre-Instituto de Prevención de Salud y Medio Ambiente.

PLUTZER, E. *et al.* (2016): «Climate confusion among U.S. teachers», *Science,* 351: 6274, pp. 664-665.

RAHMSTORF, S. (2012): «Is journalism failing on climate?», *Environmental Research Letters,* 7: 4. doi: 10.1088/1748-9326/7/4/041003.

REED, C. (2016): «Climate catastrophe? A half a degree warming could make the difference». doi: 10.1126/ science. aaf9948.

ROGELI, J. et al. (2016a): «Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 ˚C», *Nature,* 534, pp. 631-639.

ROGELI, J. *et al.* (2016b): «Differences between carbon budget estimates unravelled», *Nature Climate change,* 6, pp. 245-252.

SCHELLNHUBER, H. J. *et al.* (2016): «Why the right climate target was agreed in Paris», *Nature Climate Change,* 6, pp. 649-653.
SCHLEUSSNER, C. F. *et al.* (2016): «Differential climate impacts for policy-relevant limits to global warming: the case of 1,5 ˚C and 2 ˚C», *Earth System Dynamics,* 7, pp. 327-351.
SKIRBLE, R. (2010): «Environmental Writer Turns Words into Action», *Voice of America,* 19/04.
YALE PROGRAM ON CLIMATE CHANGE COMMUNICATION (2014): «Global Warming vs. Climate Change: What Scares You More?», Informe.

CAPÍTULO 5

ADLER, S. (2016): «School's starting: A majority of Americans say global warming should be taught in the classroom», Yale Program on Climate Change Communication, 23/08.
ARÉVALO, C. (2016): «La conservación de los ecosistemas reduciría un 35 % las emisiones globales». Disponible en línea: <www.efeverde.com>, 03/09.
BERBERS-LEE, M. (2010): «How Bad are Bananas?: The Carbon Footprint of Everything», *Green Profile.*
BERTOLDI, P. et al. (2016): «Energy Consumption and Energy Efficiency Trends in the EU (2000-2014)», *Join Research Center.*
BIELLO, D. (2016): «Hojas biónicas: Un nuevo dispositivo emula la fotosíntesis para obtener combustible», *Investigación y Ciencia,* 479.
BROOKS, L. (2014): «Glasgow becomes first university in Europe to divest from fossil fuels», *The Guardian,* 8/10.
CARBON PRINCING LEADERSHIP COALITION / WORLD BANK (2016): «What is the Impact of Carbon Pricing on Competitiveness?», *Executive Briefing,* junio.
CARLE, J. (2015): «Climate Change Seen as Top Global Threat», *Pew Research Centener,* 14/07.
ECODES (2016): *Cocina comprometida con el clima,* Zaragoza:

Ecodes.
EDITORIAL «BLUE FUTURE», *Nature,* 259, pp. 255-256, 2016.
EEA SIGNALS (2016): «Towards clean and smart mobility: Transport and environment in Europe», European Environment Agency.
EU ENVIRONMENT AGENCY (2016a): *More from less-material resource efficiency in Europe,* Informe.
EU ENVIRONMENT AGENCY (2016b): *Environmental taxation and EU environmental policies,* Informe.
FERER, I. (2015): «La justicia holandesa ordena que el Gobierno reduzca emisiones de CO_2», *El País,* 25/06.
FERRARO, P. J. y M. K. PRICE (2011): «Using non-pecuniary strategies to influence behavior: evidence from a large sclae field experiment», National Bureau of Economic Research Working Paper, 17189.
FIELDING, K. S. y M. J. HORNSEY (2016): «A Social Identity Anaysis of Climate Change and Environmental Attitudes and Behaviors: Insights and Opportunities», *Frontiers in Psychology*. Disponible en línea: <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00121>.
GATTINGER, A. (2012): «Enhanced top soil carbon stocks under organic farming», *PNAS,* 109:44, pp. 18226-18231.
GEDEN, O. (2015): «Policy: Climate advisers must maintain integrity», *Nature,* 521, pp. 27-28.
GEILING, N. (2016): «Reforestation Doesn't Fight Climate Change Unless It's Done Right». Disponible en línea: <www.ThinkProgress.org>, 31/08.
GERDES, J. (2016): *Quitting Carbon: How Denmark Is Leading the Clean Energy Transition and Winning the Race to the Low-Carbon Future.* Autoedición en formato electrónico.
GILLIS, J. (2016): «Flooding of Coast, Caused by Global Warming, Has Already Begun», *The New York Times,* 03/09.
GREENE, B. (2016): «Impossible isn't fact; it's an attitude: Christiana Figueres at TED2016», *TEDBlog,* 17/02.
HARVEY, C. (2016): «Storing carbon underground may be safer than we thought», *The Washington Post,* 29/07.
HEEDE, R. (2014): «Tracing anthropogenic carbon dioxide and methane emissions to fossil fuel and cement producers, 1854-2010», *Climate Change,* 122:1, pp.

229-241.
HERKEWITZ, W. (2016): «We're One Step Closer to Creating Hydrogen Gas from Solar Energy», *Popular Mechanics,* 12/02.
HICKEL, J. (2016): «Clean energy won't save us-only a new economic system can», *The Guardian,* 15/07.
HOLT-GIMÉNEZ, E. et al. (2012): «We Already Grow Enough Food for 10 Billion Peple... and Still Can't End Hunger», *Journal of Sustainable Agriculture,* 36:6, pp. 595-598.
HULME, M. (2014): *Can Science Fix Climate Change?: A Case Against Climate Engineering,* Cambridge: Polity Press.
INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS (2013): *Global Food. Waste Not, Want Not.*
INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2016): «Decoupling of global emissions and economic growth confirmed», 16/03.
JESWANI, H. K. y A. AZAPAGIC (2015): «Is e-reading environmentally more sustainable than conventional reading?», *Clean Technologies and Enrivonmental Policy,* 17, p. 803.
JIMÉNEZ, J. (2016): «El precio de la energía solar cae al 50 % en un año (y ya es más barata que el carbón)». Disponible en línea: <www.xataka.com>, 06/05.
KAPMAN, N. et al. (2016): «Observational evidence confirms modelling of the long-terms integrity of CO_2 -reservoir caprocks», *Nature Communications,* 7: 12268.
LAL, R. (2004): «Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security», *Sciencie,* 304: 5677, pp. 1623-1627.
LEAS, E. C. *et al.* (2016): «Big Data Sensors of Organic Advocacy: The Case of Leonardo DiCaprio and Climate Change», *PLOSOne.* Disponible en línea: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0159885>.
LEISEROWITZ, A. et al. (2016): «Report: Climate Change in the American Mind: March, 2016», Yale Program on Climate Change Communication.
LEWANDOWSKY, S. *et al.* (2013): «The pivotal role of perceived scientific consensus in acceptance of science», *Nature Climate Change,* 3, pp. 399-404.
LINDEN, S. VAN DER (2015): «Improving Public Engagement

With Climate Change: Five Best Practice Insights From Psychological Science», *Perspectives on Psychological Science,* 10:06, pp. 758-763.
MAIBACH, E. W. (2010): «Reframing climate change as a public health issue: an exploratory study of public reactions», *MC Public Health,* 10: 299. doi: 10,1186/1471-2458-10-299.
MARSHALL, A. (2015): «Where are all the climate change songs?», *BBC News,* 18/11.
MATHESIUS, S. *et al.* (2015): «Long-term response of oceans to co_2 removal from the atmosphere», *Nature Climate Change* 5, pp. 1107-1113.
MATTER, J. M. et al. (2016): «Rapid carbon mineralization for permanent disposal of anthropogenic carbon dioxide emissions», *Science,* 352: 6291, pp. 1312-1314.
MCKIBBEN, B. (2015): «What Exxon Knew About Climate Change», *The New Yorker,* 18/06.
MCKIBBEN, B. (2016): «A World At War», *New Republic,* 15/08.
MILNE, R. (2015): «Oil-rich Norway in vanguard of fossil fuel divestment argument», *The Financial Times,* 13/10.
MONBIOT, G. (2006): *Heat,* Londres: Penguin.
MOONEY, C. (2012): «The ugly delusions of the educated conservative», *Salon,* 24/02.
MORTON, O. (2016): *The Planet Remade: How Geoengineering Could Change the World,* Londres: Granta.
NAREDO, J. M. (1999): «Sobre la sostenibilidad de los sistemas», en *Desarrolllo económico y deterioro ecológico,* Madrid: Visor, pp. 57-90.
NUTICELLI, D. (2016): «Scientists are figuring out the keys to convincing people about global warming», *The Guardian,* 04/05.
OECD (2015): «Adapting to the impacts of climate change».
PÉREZ-COLOMÉ, J. (2016): «El legado escondido de Obama». Disponible en línea: <www.climatico.eu>, 06/06.
RANGANATHAN, J. et al. (2016): «Shifting diets for a sustainable future», *World Resources Institute.*
ROBERTS, D. (2016): «The falling costs of US solar power, in 7 charts». Disponible en línea: <www.vox.com>, 24/08.
ROMM, J. (2016): *Climate Change: what everyone needs to*

know, Nueva York: Oxford University Press.
RON, A. M. (2016): «Una batalla legal para que las petroleras paguen los daños del cambio climático», *Vozpopuli.com,* 29/08.
SALAS, J. (2015): «Cómo convencer a los antivacunas», *El País,* 04/06.
SCHWARTZ, J. (2016): «In Novel Tactic on Climate Change, Citizens Sue Their Governments», *The New York Times,* 10/05.
SEDDON, A. W. R. *et al.* (2016): «Sensitivity of global terrestrial ecosystems to climate variability», *Nature,* 531, pp. 229-232.
SEUFERT, V. *et al.* (2012): «Comparing the yields of organic and conventional agriculture», *Nature,* 485, pp. 229-232.
SHWARTZ, M. (2001): «Psychologist puts de "real" into reality TV», *Stanford News Service,* 01/05 (citado en Berners-Lee & Clarke, 2013).
SLEZAK, M. (2016a): «City of Sydney council to divest from fossil fuels regardless of election result», *The Guardian,* 6/09.
SLEZAK, M. (2016b): «Catholic orders take their lead from the pope and divest from fossil fuels», *The Guardian,* 15/06.
SMITHERS, R. (2016): «England's plastic bag usage drops 85% since 5p charge introduced», *The Guardian,* 30/07.
STANDED ASSETS PROGRAMME (2013): *Stranded assets and the fossil fuel divestment campaign: what does divestment mean for the valuation of fossil fuel assets?* Smith School of Enterprise and the Environment/University of Oxford.
STERNER, T. (2015): «Economics: Higher costs of climate change», *Nature,* 527: 7.577. doi: 10.1038/nature15643.
STEVENSON, K. T. et al. (2016): «How Climate Change Beliefs among U.S. Teachers Do and Do Not Translate to Students», *PLOS One.* Disponible en línea: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0161462>.
STOKES, B. *et al.* (2015): «Global Concern about Climate Change, Broad Support for Limiting Emissions», *Pew Research Center,* 05/11.
STOKNES, P. E. (2014): «What we think about when we try not to think about global warming», *Chelsea Green.*
TELL, J. (2009): *100 gestos para salvar el mundo,* Colonia:

Taschen.
UMWELTBUNDESAMT PRESS RELEASE (2015): «Food waste causes four percent of Germany's greenhouse gas emissions», 09/06.
USA ENERGY DEPARTMENT (2015): «Energy Department Announces Largest Energy Efficiency Standard in History», *Press release,* 17/12.
WAITE, R. (2016): «How I Tweaked My Diet to Cut its Environmental Footprint in Half», *World Resources Institute,* 20/04.
WATSON, B. (2016): «Have we reached the tipping point for investing in renewable energy?», *The Guardian,* 13/02.
WEISS, K. R. (2015): «Global greenhouse-gas emissions set to fall in 2015», *Nature.* doi:10.1038/nature.2015.18965.
WELLS, J. R. et al. (2012): «Carbon Footprint Assessment of a Paperback Book», *Journal of Industrial Ecology* 16:2, pp. 212-222.
WORLD BANK (2016): «When It Comes to Emissions, Sweden Has Its Cake and Eats It Too», 16/05.

EPÍLOGO

MARSHALL, G. (2014): *Don't even think about it: why our brains are wired to ignore climate change,* Londres: Bloomsbury.
VELAYOS-CASTELO, C. (2015): *El cambio climático y los límites del individualismo,* Barcelona: Horsori.

LECTURAS ADICIONALES

Sorprendentemente, no hay demasiados libros que traten el cambio climático desde una perspectiva integral, como se ha intentado hacer aquí –y por qué no decirlo, este fue uno de los motivos que me incitó a escribirlo–. Menos aún que estén traducidos o actualizados. Sin embargo, y si el lector se atreve, aquí tiene también algunas recomendaciones en inglés, sin pretensión de ser exhaustivo, que en su mayoría no disponen de traducción al castellano.

Joseph Romm, *Climate change: what everyone needs to know* (Oxford Univesity Press, 2015). Dentro de la serie de la editorial universitaria, el libro de Romm destaca por la claridad expositiva, la diversidad de temas tratados, cómo de bien escrito está y el rigor científico. Uno de los mejores y más didácticos resúmenes que se pueden leer hoy en día.

Naomi Klein, *Esto lo cambia todo* (Paidós, 2015). Un libro que, como es esperable de la autora, analiza la cuestión climática desde la perspectiva de la globalización, el libre mercado y el neoliberalismo. A pesar de ser innecesariamente largo por una exacerbada voluntad de documentar todas las afirmaciones, e incluso con las carencias propositivas de la última parte (recomiendo leer la reseña de Elizabeth Kolbert en *The New Yorker*), es un texto estimulante, tan incómodo a ratos como necesario.

George Monbiot, *Calor* (RBBA, 2009). Ha aparecido diversas veces en este libro, así que podéis intuir que lo encuentro muy interesante, incluso tratándose a veces de un ejercicio un poco árido sobre la posibilidad de reducir emisiones por parte del Reino Unido. Solo por el prólogo y las páginas finales vale la pena leerlo.

Michael E. Mann y Lee R. Kump, *Dire Predictions* (dk, 2.ª ed., 2015). Quizá el libro más visual y más bien hecho sobre el cambio climático. Una maravilla gráfica que es la mejor forma, sin duda, de asimilar los informes del ipcc.

Tim Flannery, *Atmosphere of Hope* (Penguin, 2015). A modo de continuación de *The Weather Makers* (‘*La amenaza del cambio climático*’, Taurus, 2005), el científico australiano hace una recapitulación de cómo han cambiado las cosas en diez años y nos ofrece una visión ligeramente esperanzadora, con soluciones más tecnológicas que sociales, pero también claves.

Mike Berners-Lee y Duncan Clark, *The Burning Question* (Profile Books, 2013). ¿Cómo logramos dejar bajo tierra combustibles fósiles por valor de trillones de dólares? Una de las preguntas más complicadas del cambio climático, a la que tratan de responder los autores y que representa, a la vez, una de las visualizaciones más claras de cómo tenemos que cambiar nuestro sistema energético y productivo.

Per Espen Stoknes, *What we think about when we try not to think about global warming* (Chelsea Green Publishing, 2015). Un libro que recopila gran parte de la información sobre la psicología del cambio climático, con multitud de estudios y aproximaciones. Una pieza fundamental para entender el problema.

George Marshall, *Don’t even think about it: why our brains are wired to ignore climate change* (Bloomsbury, 2014). Otro libro sobre comportamiento y cambio climático, porque cada vez está más claro que el problema no es la falta de conocimiento o tecnología, sino las barreras a la hora de actuar.

Haydn Washington y John Cook, *Climate Change Denial: Heads in the Sand* (Earthscan, 2011). El mejor libro hasta la fecha, sin duda, sobre los negacionistas del cambio climático: ¿Quiénes son? ¿Por qué se oponen con tanta virulencia? ¿Quiénes los financian? Corto, claro y conciso.

Brian Walker y David Salt, *Resilience Thinking: Sustaining Ecosystems and People in a Changing World* (Island Press, 2006). Pese a que no va de cambio climático, este libro

es de los mejores para entender de qué hablamos cuando hablamos de resiliencia. Consta de cinco ejemplos muy bien explicados y una introducción teórica muy asequible.

ÍNDICE ANALÍTICO

A

Acuerdo de París
aerosol
Agassiz, Louis
Agencia de la Atmósfera y los Océanos
  (NOAA)
agricultura
Alaska
albedo
alfabetización climática
anfibio
Antártida
Arrhenius, Svante
arte
Ártico
avión
azufre
  hexafloruro de,
  óxidos de,

B

biofuel
biosfera
bosque

C

Callendar, Guy Stewart
cambio
  climático desbocado
  global
carbono
  dióxido de (CO_2),
  equivalente de (CO_2-eq),

huella de,
presupuesto de,
secuestro de,
sumidero de,
tecnologías de captura de,
carne roja
cerebro
CFC → clorofluorocarbonos
cherry picking
Chubachi, Sigeru
ciclo de retroalimentación
ciclo de Milanković
circulación termohalina
clatrato clorofluorocarbonos (CFC y HFCF)
coche
contaminación
coral
corriente del Golfo
curva de Keeling → Keeling

D

Darwin, Charles
descarbonización
desertificación
deshielo
desigualdad
desinversión
DiCaprio, Leonardo

E

economía
ambiental
ecológica
empresa petrolífera
energía/s
eólica
nuclear
solar
renovables
Estratosfera
estrés térmico

F

Figueres, Christiana
Foote, Eunice
forzamiento radiativo
Fourier, Joseph

G

GEI → gases de efecto invernadero
geoingeniería
glaciación
glaciar
Gore, Al
Groenlandia

H

Hansen, James
Hawkins, Ed
HFCF → clorofluorocarbonos
holoceno
huracán

I

ideología
incendio
Indonesia
inundación
invernadero
  efecto,
  gases de efecto (GEI),
IPCC → Panel Intergubernamental sobre
  Cambio Climático
isótopo

K

Keeling
  Charles David,
  curva de,
Kioto
  Protocolo de,
Kiribati
Koch, hermanos

L

libro/s
  de papel
  de texto
  electrónicos

M

mamut
Mann, Michael
marjal → zona húmeda
máximo térmico del Paleoceno-Eoceno
  (PETM)
McKibben, Bill
metano (CH_4)
mínimo de Maunder
Molina, Mario
Monbiot, George
mosquito
Muller, Richard

N

negacionista
Niño, el
nitrógeno
  óxidos de,
nivel del mar
NOAA → Agencia de la Atmósfera y los
  Océanos
nutrición

O

ola de calor
oso polar
ozono
  agujero de la capa de,
  troposférico

P

Paleoceno
palo de Hockey
Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC)
panel solar
pensamiento mágico

Pequeña Edad de Hielo
periodismo
Periodo Cálido Medieval
PETM → máximo térmico del Paleoceno-Eoceno
pH
Polo Norte
Protocolo de Kioto → Kioto
psicología
punto de inflexión

R

Rahmstorf, Stefan
rechazo de alimentos
relato
religión
Rowland, Frank S.

S

salud laboral
Sol
suelo

T

Teofrasto
tragedia de los bienes comunes
transporte
Troposfera
Twitter
Tyndall, John

V

vapor de agua
vino
volcán
Vostok, lago

Z

zona húmeda (marjal)